

Rapportage onderzoek PFAS in eieren en mogelijke bronnen

In de regio Zuid-Holland-Zuid en gemeente Altena

Opdrachtgevers: Gemeenten Dordrecht, Molenlanden, Papendrecht en Sliedrecht

12 september 2024 - Public

Contactpersoon

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

Inhoudsopgave

Publiekssamenvatting	5
Inhoudelijke samenvatting	6
1 Inleiding	8
1.1 Achtergrond	8
1.2 Huidig onderzoek	9
1.2.1 Onderzoeksvragen	9
1.2.2 Betrokken partijen	10
1.3 Leeswijzer	10
2 Onderzoeksopzet, monsternamen en analyses	11
2.1 Onderzoeksopzet	11
2.1.1 Fase 1	11
2.1.2 Fase 2	11
2.2 Selectie monsternameloctaties	11
2.3 Monsternamen	13
2.3.1 Fase 1	13
2.3.2 Fase 2	14
2.4 Analyses	15
2.4.1 Fase 1. Eieren	15
2.4.2 Fase 1. Grond	15
2.4.3 Fase 2. Andere media	15
3 Resultaten en evaluatie PFAS in eieren (fase 1)	17
3.1 Onderzoeksvraag PFAS in eieren	17
3.2 Fase 1. Resultaten PFAS in eieren	17
3.3 Fase 1. Resultaten PFAS in grond	18
3.4 Evaluatie relatie PFAS in eieren en PFAS in grond	19
3.5 Evaluatie PFAS-concentraties in eieren en dominante componenten	19
3.6 Vergelijking gemeten PFAS concentraties in eieren met literatuur	20

4	Onderzoek oorzaak PFAS in eieren (fase 2)	22
4.1	Onderzoeksvraag	22
4.2	Literatuur	22
4.3	Resultaten onderzoek oorzaak	25
4.4	Evaluatie onderzoek oorzaak	26
4.5	Verwachte concentratie in ei	26
4.6	Nadere evaluatie verzamelde informatie per locatie	28
4.7	Bioaccumulatie in wormen	29
4.8	Samenvatting en kennishiaten	31
5	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	32
Bijlagen		
	Bijlage A Afkortingen- en begrippenlijst	34
	Bijlage B Referentielijst rapporten Tritium	35
	Bijlage C Resultaten analyses PFAS per analysemonster	36
	Eieren (fase 1)	36
	Grond, voer en water en één wormmonster (fase 2)	36
	Wormen (fase 2)	36
	Bijlage D Literatuuronderzoek	37
	Colofon	38

Publiekssamenvatting

Arcadis heeft, in samenwerking met Tritium Advies B.V., Wageningen Food Safety Research (WSFR) en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een onderzoek uitgevoerd naar PFAS in eieren van kippen van particuliere kippenhouders (hobbykippen) in de regio Zuid-Holland Zuid en gemeente Altena.

In opdracht van gemeenten Dordrecht, Molenlanden, Papendrecht en Sliedrecht is in oktober 2023 gestart met het onderzoek of en hoeveel PFAS in eieren van hobbykippen voorkomt. Een onderzoeksvraag was ook of eieren van particulieren in het gebied rond de fabriek van Dupont/Chemours meer PFAS bevatten dan op grotere afstand van de fabriek: is er een relatie tussen de uitstoot van PFOA door Dupont/Chemours en het PFAS-gehalte in eieren? En of mensen in de buurt van de fabriek extra PFAS binnenkrijgen door het eten van eieren van hun eigen kippen.

Aanleiding voor dit onderzoek waren vragen naar aanleiding van het eerder uitgevoerde moestuinonderzoek. Als er zoveel PFAS in moestuinen voorkomt, dat mensen er beter niet of maar beperkt uit hun moestuin kunnen eten, hoe zit het dan met eieren van kippen op de grond in deze regio?

Onderzoek naar PFAS in eieren

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn in oktober 2023 op 31 locaties eieren geraapt. Daarbij is ook grond als een mogelijke bron van PFAS in eieren bemonsterd. Dit is relevant omdat kippen ook in de grond pikken. Tien locaties zijn vervolgens nader onderzocht.

Uit analyse van de eerste meetresultaten in december 2023 bleek dat de eieren hoge gehalten aan verschillende soorten PFAS bevatten in heel de regio. Dit was voor de GGD en het RIVM aanleiding om een eerste voorlopig advies af te geven om de eieren niet te consumeren. De gemeenten hebben dit direct richting de inwoners gecommuniceerd¹. Met de analyseresultaten van de eieren heeft het RIVM de risico's van de gehalten in eieren bepaald en gerapporteerd. Dit RIVM-rapport is eind mei 2024 gepubliceerd².

Aanvullend onderzoek naar de bron

Uit de onderzoeksresultaten bleek geen duidelijk verband tussen het PFAS-gehalte in de grond en het gehalte in de eieren. Opvallend was dat ook andere PFAS - en met name PFOS - in hoge concentraties in de eieren zijn aangetroffen. PFOS is voor zover bekend niet in significante hoeveelheden door Dupont/Chemours uitgestoten. Omdat onduidelijk was waar de vervuiling in de eieren van hobbykippen vandaan kwam, is extra onderzoek ingesteld om de mogelijke bronnen te achterhalen en te ontdekken via welke route de PFAS in de eieren komt. Hierbij zijn stapsgewijs mogelijke bronnen nader in kaart gebracht. Onderzocht zijn diverse soorten voer, water uit de drinkbak, grond rond de voerbak, bodembedekking, meelwormen, vitaminen, medicijnen en regenwormen uit de tuin. Van de onderzochte bronnen blijken alleen de regenwormen een significante bron van PFAS te zijn. Of dit de enige bron is, is nog niet duidelijk. De gemeten concentraties in de wormen kunnen wel het grootste deel van de hoeveelheid PFAS in eieren verklaren.

In dit rapport worden de antwoorden op de onderzoeksvragen nader toegelicht en besproken.

¹ https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht_Inwoners/Dossier_Chemours_en_DuPont/Nieuws/Teveel_PFAS_in_eieren_van_hobbykippen

² RIVM rapport 2024-0051. Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren in de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena

Inhoudelijke samenvatting

Arcadis heeft, in samenwerking met Tritium Advies B.V., WFSR en RIVM, een onderzoek uitgevoerd naar PFAS³ in eieren van kippen van particuliere kippenhouders in de regio Zuid-Holland Zuid en gemeente Altena. Aanleiding hiervoor waren vragen die naar voren kwamen uit het eerder uitgevoerde moestuinonderzoek. Voor het onderzoek zijn bij 31 locaties eieren geraapt en grondmonsters genomen. Tien locaties zijn vervolgens nader onderzocht.

Voor het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- Hoeveel PFAS bevatten kippeneieren?
- Zijn eieren van particulieren in het gebied rond de fabriek van Chemours een belangrijke blootstellingsroute voor de inname van PFAS?
- Is er een relatie tussen de uitstoot van PFOA door Chemours en het PFAS-gehalte in eieren?
- Wat zijn de mogelijke bronnen van PFAS in eieren van hobbykippen?

Om deze vragen te beantwoorden zijn in oktober 2023 op 31 locaties eieren geraapt en is grond als een mogelijke bron van PFAS in eieren bemonsterd. De resultaten van de analyses van de eieren waren begin december 2023 bekend. Hieruit bleek dat er hoge gehalten aan verschillende soorten PFAS in de eieren zijn aangetroffen. Dit was voor de GGD en het RIVM aanleiding om een eerste voorlopig advies af te geven om de eieren niet te consumeren. De gemeenten hebben dit direct richting de inwoners gecommuniceerd⁴. Met de analyseresultaten van de eieren heeft het RIVM de risico's van de gehalten in eieren bepaald en gerapporteerd, dit rapport is eind mei 2024 gepubliceerd⁵.

Naar aanleiding van de voorlopige resultaten is een uitgebreider onderzoek ingezet naar de bron van de verhoogde concentraties PFAS. Hierbij zijn stapsgewijs mogelijke bronnen nader in kaart gebracht. De resultaten van deze onderzoeken zijn door middel van deze rapportage samengevat.

Hieronder worden de antwoorden op bovenstaande onderzoeksvragen besproken.

PFAS in eieren

In de omgeving rondom Chemours komen verhoogde waarden PFAS voor in het milieu, dit betreft voornamelijk PFOA en GenX vanwege de uitstoot hiervan door Chemours in het verleden. PFOA is van deze twee stoffen de verbinding die in de hoogste concentraties voorkomt in de omgeving, en er werd verwacht dat in de eieren hoge concentraties PFOA zouden worden gevonden. Dit is ook het geval, in de eieren worden hoge concentraties PFOA gevonden, maar PFOA maakt gemiddeld slechts 21% uit van de PFAS die in de eieren gevonden zijn. Naast PFOA zijn ook hoge concentraties PFOS en langketenige PFCA's (PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA en PFTeDA) gevonden. Van de verschillende gevonden PFAS is PFOS de dominante PFAS. Deze wordt in de omgeving enkel in achtergrondgehalten gevonden.

De gemeten concentraties variëren significant tussen de verschillende locaties, maar zijn over het algemeen hoog in relatie tot bijvoorbeeld grond of moestuingroenten. De afstand tot Chemours is hierbij niet de meest belangrijke factor voor de totale PFAS-concentratie in eieren. In alle gemeenten die betrokken zijn in het onderzoek, komen hoge concentraties PFAS voor in de eieren, ook in de referentiegemeente met lage gehalten aan PFOA in de grond (Hoeksche Waard).

De PFAS-concentraties lijken hierbij gerelateerd te zijn aan de legfrequentie van de kippen: hoe minder eieren een kip legt, hoe hoger de PFAS-concentraties in het ei.

De resultaten van PFAS in eieren zijn gebruikt voor de risico-inschatting en hiermee ook voor het antwoord op de vraag of de eieren van particulieren in het gebied rond de fabriek van Chemours een belangrijke blootstellingsroute zijn voor de inname van PFAS. Deze risico-inschatting is uitgevoerd door RIVM en gerapporteerd in het rapport 2024-0051 (zie voetnoot 2). De inname van PFAS via eieren (van hobbykippen) is inderdaad een belangrijke blootstellingsroute, en de consumptie van deze eieren wordt afgeraden. De concentraties PFAS in eieren uit de winkel zijn ongeveer 7 tot 1000 keer lager.

Op basis van de typen PFAS die in de eieren worden gevonden blijkt dat niet alleen rond Chemours hoge concentraties PFAS in eieren aanwezig zijn, maar dat dit ook het geval kan zijn bij hobbykippen in de rest van Nederland omdat er meer typen PFAS in de eieren zijn gevonden dan alleen PFOA. Dit is opvallend aangezien PFOS

³ Voor betekenis van afkortingen, zie Bijlage A.

⁴ https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht_Inwoners/Dossier_Chemours_en_DuPont/Nieuws/Teveel_Pfas_in_eieren_van_hobbykippen

⁵ RIVM rapport 2024-0051. Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren in de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena

en de andere langketenige PFAS in de grondmonsters niet in significant verhoogde concentraties worden aangetroffen. Er is aangekondigd dat de aanwezigheid van PFAS in eieren van hobbykippen op landelijk niveau nader onderzocht gaat worden⁶.

Onderzoek naar de bron van PFAS in eieren

Voordat de resultaten bekend waren, was de aanname dat de PFAS in eieren voornamelijk uit grond zou komen. Kippen krijgen via het scharrelen namelijk ook grond binnen. Uit de eerste fase van het onderzoek bleek dat dit niet de bron van PFAS in eieren is. De concentraties in de eieren zijn veel hoger dan verwacht kan worden op basis van de concentraties in de grond. Daarom is nader onderzoek uitgevoerd naar de bron. Hiertoe heeft een uitgebreide bemonstering plaatsgevonden van diverse soorten voer, water uit de drinkbak, grond rond de voerbak, bodembedekking, meelwormen, vitaminen, medicijnen en wormen uit de tuin.

Uit de resultaten bleek dat er geen aanvullende bronnen van PFAS konden worden gevonden in voer, water, meelwormen, vitaminen en anti-worm. In de bodem rond de voerbak zijn wel PFAS gevonden, maar vergelijkbaar met wat al bekend was van de locaties. Aan de hand van de resultaten van het voer is daarnaast de kans klein dat bijvoorbeeld de verpakkingen van het voer een relevante bron zijn.

Ook voor de bodembedekking is de kans klein dat dit een belangrijke bron van PFAS is. Er is vooral bodembedekking aangetroffen van zaagsel en stro. Er is geen bodembedekking aangetroffen van gerecycled papier, wat mogelijk een bron zou kunnen zijn.

Als laatste stap zijn de wormen van de tien geselecteerde locaties geanalyseerd. Dit blijkt wel een significante bron van PFAS te zijn. Of dit de enige bron is, is nog niet duidelijk, maar de gemeten concentraties in de wormen kunnen het grootste deel van de hoeveelheid PFAS in eieren verklaren. Bovendien komt de verdeling van de PFAS (PFAS fingerprint) doorgerekend vanuit de worm naar het ei, voor meerdere locaties overeen met de verdeling van de PFAS in het ei.

Uit het onderzoek naar de bron wordt daarom ook geconcludeerd dat wormen een belangrijke bron zijn. Dit betekent ook dat de grond indirect een belangrijke bron is, via bioaccumulatie van PFAS door wormen. Omdat er in de grond slechts lage waarden PFOS en langketenige PFCA's worden gemeten, betekent dit dat deze PFAS bij lage concentraties in de grond al sterk verhoogd in de eieren kunnen worden gemeten. Deze PFAS blijken sterk te bioaccumuleren in allereerst de wormen, en vervolgens in eieren.

PFOA wordt in de omgeving van Dordrecht in verhoogde waarden in het milieu gemeten door uitstoot van PFOA (en GenX) in het verleden. PFOA wordt ook in de eieren gevonden, maar in mindere mate dan vooraf gedacht, de andere PFAS zijn dominant in de eieren. PFOA accumuleert minder sterk in wormen en eieren dan PFOS en de PFCA's met langere ketens. Desalniettemin zijn ook de concentraties PFOA in de eieren te hoog.

Wat betekent dit voor Nederland?

De conclusie dat de PFAS zoals PFOS en de langketenige PFCA's in de bodem in lage concentraties worden gevonden en dat er bioaccumulatie optreedt via wormen naar eieren geeft aan dat ook bij lage concentraties in de bodem dit een significante blootstellingsroute voor de mens kan zijn. In Nederland (en in de rest van de wereld) is er een achtergrondconcentratie PFAS in de bodem aanwezig door jarenlange (niet natuurlijke) uitstoot van PFAS door allerlei processen. Dit kan overal tot verhoogde concentraties PFAS in de eieren leiden.

Daarnaast heeft het gegeven dat hoge concentraties PFAS worden gevonden in wormen ook mogelijke andere consequenties. Wormen vormen een belangrijke basis van de voeding van verschillende dieren, zoals vogels (bijvoorbeeld merels en grutto's) en zoogdieren (in het bijzonder egels, muizen, mollen en dassen). Er wordt daarom aanbevolen om te evalueren of de voedselketen beter in kaart moet worden gebracht en of de risico's voor mens en milieu nader in moet worden ingeschat.

Op landelijk niveau wordt de komende tijd door het RIVM een nader onderzoek uitgevoerd naar PFAS in eieren²¹.

⁶ <https://www.rivm.nl/nieuws/rivm-handhaaft-advies-eet-geen-particuliere-eieren-in-regio-zuid-holland-zuid-en-gemeente#:~:text=Het%20RIVM%20blijft%20adviseren%20om,31%20locaties%20in%20deze%20regio.>

1 Inleiding

In de periode van 2021-2023 is in opdracht van de gemeenten Dordrecht, Sliedrecht, Papendrecht en Molenlanden een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van PFAS⁷ in moestuincomplexen; in gewassen, bodem, grondwater, oppervlaktewater en regenwater. De onderzoeken zijn uitgevoerd door een samenwerking van Arcadis Nederland B.V. (begeleiding, aansturing en (eind)adviesing), Tritium Advies (monsternamen), WFSR⁸ (analyses) en RIVM⁹ (risico-evaluatie). Dit onderzoek werd uitgevoerd vanwege de geconstateerde regionale verontreiniging van de bodem met PFOA¹ als gevolg van de decennialange uitstoot van deze stof door chemiebedrijf DuPont/Chemours te Dordrecht.

Tijdens het moestuinonderzoek bleek dat er op diverse locaties hobbykippen aanwezig waren, waarvan waarschijnlijk de eieren worden geconsumeerd. Tegelijkertijd werd in België bekend dat er veel PFAS aanwezig is in de eieren van hobbykippen rond de PFAS-fabriek van 3M in Zwijndrecht/Antwerpen¹⁰. Daarom werd besloten om in 2023 onderzoek naar onder andere PFAS in eieren van hobbykippen in de regio rondom Chemours uit te voeren. Hobbykippen betreffen niet bedrijfsmatig gehouden kippen. Eieren van deze kippen zijn veelal voor eigen consumptie, of voor consumptie in beperkte kring. Deze eieren zijn geen onderdeel van het kwaliteitscontrolesysteem van de branchevereniging van professionele eierproducenten en vallen niet in het controleregime van de NVWA.

Tegelijkertijd kwam in augustus 2023 via het NRC het nieuws naar buiten dat in diverse eieren van hobbykippen in de regio rondom Chemours verhoogde concentraties PFAS aanwezig waren¹¹. Opvallend in dit nieuws was dat dit niet alleen PFOA betrof, maar ook PFOS. PFOA en GenX zijn twee PFAS-verbindingen die jarenlang zijn uitgestoten door Chemours en om deze reden in de wijde omgeving in verhoogde concentraties worden gemeten. PFOS daarentegen is een andere PFAS-verbinding, waarvan door Chemours wordt aangegeven dat het niet in het productieproces wordt gebruikt. PFOS wordt wel in de omgeving in de bodem aangetroffen, maar slechts in vergelijkbare of iets hogere concentraties dan in de rest van Nederland.

1.1 Achtergrond

De aandacht voor PFAS is de afgelopen jaren aanzienlijk toegenomen. Deze stoffen worden op mondiaal niveau in het milieu aangetroffen en al bij lage waarden in de grond zijn er mogelijk gezondheidsrisico's. De toetsingswaarden zijn vanwege deze verwachte gezondheidseffecten erg streng. In 2015 kwam de fabriek van DuPont/Chemours in Dordrecht in beeld (voorheen DuPont, sinds 2015 Chemours). Het bleek dat sinds de jaren 60 van de vorige eeuw door deze fabriek grote hoeveelheden PFOA zijn uitgestoten naar het milieu. Om de impact van deze uitstoot te bepalen zijn sinds 2016 meerdere onderzoeken in de omgeving uitgevoerd naar de concentraties PFAS in grond en grondwater^{12, 13, 14, 15, 16}. Tot op tientallen kilometers afstand van de fabriek zijn verhoogde concentraties PFOA aangetroffen in de bodem. De PFOA is in de omgeving terechtgekomen door atmosferische depositie vanuit de fabriek van DuPont/Chemours. PFOA is als hulpstof in de fabriek gebruikt en uitgestoten tot 2012 en GenX in de periode daarna. In Figuur 1 is dat visueel weergegeven.

⁷ PFAS is een verzamelnaam voor meer dan 4.000 stoffen en staat voor per- en polyfluoralkylstoffen. Voor overige afkortingen, zie bijlage A.

⁸ Wageningen Food Safety Research

⁹ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

¹⁰ Lasters et al., 2022, 'Home-produced eggs: an important human exposure pathway of perfluoroalkylated substances (PFAS)', *Chemosphere*

¹¹ <https://www.nrc.nl/nieuws/2023/08/31/eieren-van-hobbykippen-uit-sliedrecht-zijn-zwaar-vervuild-met-pfas-van-chemours-a4173207>

¹² Luchtdepositie onderzoek PFOA en HFPO-DA (GenX) Dordrecht en omgeving. Expertisecentrum PFAS, ECP 012017/ 20DDT221-1.17, mei 2017.

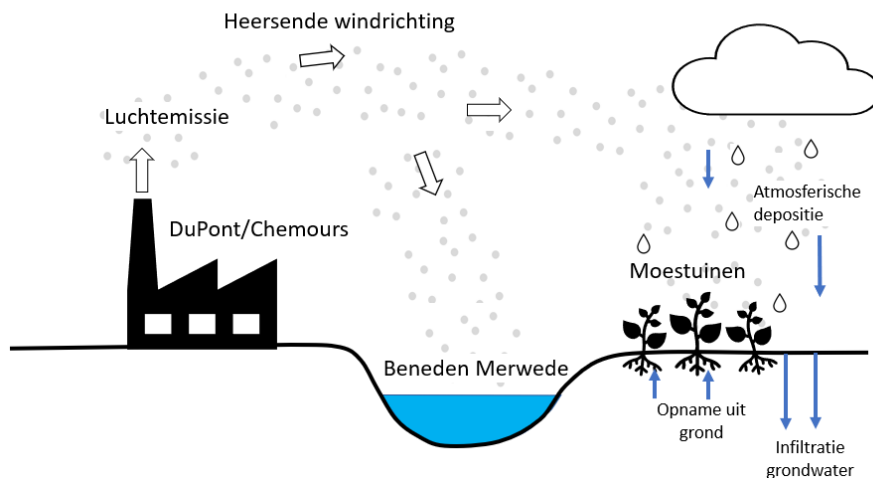
¹³ Aanvullend luchtdepositie onderzoek PFOA en HFPO-DA (GenX) Dordrecht en omgeving. Expertisecentrum PFAS, C05044.000229.0100/079794902 A, 26 maart 2018.

¹⁴ Onderzoek naar de aanwezigheid van PFOA in de gemeente Molenwaard- Fase 1, 2 en 3, Expertisecentrum PFAS, 26 oktober 2018.

¹⁵ Onderzoek naar de maximale gehalten PFOA in de bodem binnen gemeente Giessenlanden, LievenseCSO Milieu B.V., 15 augustus 2018.

¹⁶ Onderzoek naar de aanwezigheid van PFOA in de gemeente Molenlanden, Fase 4, Expertisecentrum PFAS, 083989033 B (C05044.000325.0100), 3 oktober 2019.

Conceptueel model atmosferische depositie Dordrecht



Figuur 1. Conceptueel model atmosferische depositie Dordrecht zoals in eerdere onderzoeken beschreven.

In de periode 2017-2023 zijn verscheidene onderzoeken uitgevoerd naar PFAS in groenten en fruit uit moestuinen in Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden rondom de DuPont/Chemours fabriek. Het laatste onderzoek is uitgevoerd in 2021/2022.

Naar aanleiding van het moestuinonderzoek bleven er vragen over met betrekking tot de aanwezigheid van PFAS (met name PFOA) in de regio Zuid-Holland-Zuid. Een vraag die, mede naar aanleiding van eerdere (literatuur)gegevens uit Zwijndrecht/Antwerpen, naar voren kwam is of PFOA mogelijk ook in eieren van hobbykippen voorkomt.

1.2 Huidig onderzoek

1.2.1 Onderzoeksvragen

Door voorgenoemde ontwikkelingen en bevindingen is het onderzoek door de vier gemeenten versneld ingezet, en is het onderzoeksgebied uitgebreid. Ook dit onderzoek is uitgevoerd door een samenwerking van Arcadis, Tritium, WFSR en RIVM.

Voor het onderzoek zijn onderzoeksvragen opgesteld:

- Hoeveel PFAS bevatten kippeneieren?
- Zijn eieren van particulieren in het gebied rond de fabriek van Chemours een belangrijke blootstellingsroute voor de inname van PFAS?
- Is er een relatie tussen de uitstoot van PFOA door Chemours en het PFAS-gehalte in eieren?
- Wat zijn de mogelijke bronnen van PFAS in eieren van hobbykippen?

Om deze vragen te beantwoorden zijn in oktober 2023 op 31 locaties eieren geraapt en is grond als een mogelijke bron van PFAS in eieren bemonsterd. De resultaten van de analyses van de eieren waren begin december bekend. Hieruit bleek dat er hoge gehalten aan verschillende soorten PFAS in de eieren zijn aangetroffen. Dit was voor de GGD en het RIVM aanleiding om een eerste voorlopig advies af te geven om de eieren niet te consumeren. De gemeenten hebben dit direct richting de inwoners gecommuniceerd¹⁷.

Naar aanleiding van de resultaten is een uitgebreider onderzoek ingezet naar de bron van de verhoogde concentraties PFAS. Hierbij zijn stapsgewijs mogelijke bronnen nader in kaart gebracht. Met de analyseresultaten van de eieren heeft het RIVM de risico's van de gehalten in eieren bepaald en gerapporteerd¹⁸.

In dit onderzoek worden de resultaten samengevat.

¹⁷ https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht_Inwoners/Dossier_Chemours_en_DuPont/Nieuws/Teveel_PFAS_in_eieren_van_hobbykippen

¹⁸ RIVM rapport 2024-0051. Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren in de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Alتنا

1.2.2 Betrokken partijen

Bij het uitvoeren van het onderzoek zijn verschillende partijen betrokken geweest. De gemeenten Dordrecht, Sliedrecht, Papendrecht en Molenlanden zijn opdrachtgever. De Omgevingsdienst Zuid-Holland-Zuid (OZHZ) is daarnaast inhoudelijk betrokken bij de gehele uitvoering van het project. De monsternamen op de verschillende locaties is uitgevoerd door Tritium Advies B.V. en de analyses van de eieren door het laboratorium van WFSR. Naar aanleiding van de resultaten zijn de GGD Zuid-Holland-Zuid en het RIVM betrokken voor het duiden van de risico's die gerelateerd zijn aan de gevonden concentraties.

Arcadis Nederland B.V. heeft de onderzoeksopzet samen met de betrokken partijen bepaald, de monsternamen en analyses begeleid en de eindadvisering inclusief rapportage uitgevoerd.

1.3 Leeswijzer

De onderzoeksopzet, inclusief monsternamen en analyses staan weergegeven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten en evaluatie van de analyses van de eieren weergegeven en in hoofdstuk 4 de resultaten en evaluatie van het onderzoek naar de bronnen van PFAS in eieren. In hoofdstuk 5 zijn de resultaten kort samengevat en worden conclusies en aanbevelingen gegeven.

2 Onderzoeksopzet, monstername en analyses

2.1 Onderzoeksopzet

Het onderzoek is uitgevoerd in twee fasen. Voor de eerste fase zijn 31 locaties geselecteerd waar eieren zijn geraapt en grond is bemonsterd en geanalyseerd. Omdat de resultaten van deze analyses nog niet genoeg informatie gaven over de bronnen van PFAS in eieren, is in de tweede fase een nader onderzoek uitgevoerd naar mogelijke bronnen van PFAS.

De onderzochte locaties liggen in de gemeenten Dordrecht, Sliedrecht, Papendrecht, Molenlanden, Alblasserdam, Hardinxveld-Giessendam, Altena en Hoeksche Waard (referentiegemeente). De locaties waren voornamelijk moestuinen (al dan niet als onderdeel van een moestuinencomplex) en tuinen van particulieren, en zijn zo geselecteerd dat een goed beeld van de regio ontstaat.

2.1.1 Fase 1

Het onderzoek van fase 1 bestond uit:

- 31 locaties;
- Een vragenlijst;
- Bemonsteren van eieren;
- Bemonsteren van de bodem waar de kippen scharrelen;
- Bemonsteren van het drinkwater van de kippen wanneer dit geen kraanwater was.

De eieren zijn verzameld aan het einde van het legseizoen van 2023. Hierdoor was tijdens de bemonstering van de eieren op een aantal locaties de zogenaamde 'legfrequentie'¹⁹ laag. Het was dan ook niet op alle locaties mogelijk om de geplande hoeveelheid eieren te rapen (10 per locatie).

2.1.2 Fase 2

Tijdens fase 2 is een selectie van de 31 locaties uit de eerste fase nader bestudeerd. Dit betroffen zowel locaties met hoge concentraties PFAS in de eieren als locaties met lagere concentraties, om te kijken wat de bronnen voor PFAS zouden kunnen zijn. Er zijn veel verschillende mogelijke bronnen van PFAS in bodem en of kip. Naast de uitstoot van Chemours, kunnen dit ook bronnen zijn zoals brandblusschuim, vuil- en waterafstotende spray (voor kleding, schoenen), waterafstotend papier en gerecycled papier. Een andere bron van PFAS zou vismeel in diervoeding kunnen zijn²⁰. Aan al deze bronnen is in fase 2 extra aandacht besteed.

Het onderzoek van fase 2 bestond uit:

- 10 locaties*;
- Een meer uitgebreide vragenlijst met vragen rondom mogelijke bronnen;
- Bemonsteren van de drie belangrijkste innameroutes: grond (nu specifiek op de plek waar de kippen pikken), drinkwater en voer (o.a. granen, legmeel en voermixen). Deze drie routes zijn allemaal geanalyseerd;
- Bemonsteren van overige materialen waar de kippen aan worden blootgesteld, zoals stro, kippengrit, diverse soorten bodembedekking, vitamines, anti-wormenmiddel, anti-luizenmiddel en wormen. Van deze materialen is alleen een selectie geanalyseerd.

* Voor 1 van de locaties was het planningstechnisch niet mogelijk om de uitgebreide bemonstering uit te voeren en zijn in een later stadium alleen de wormen bemonsterd.

2.2 Selectie monsternamelocaties

Bij 31 verschillende locaties verdeeld over de regio Zuid-Holland-Zuid zijn eieren verzameld. Hierbij is rekening gehouden met een verdeling over de betrokken gemeenten en de verschillende afstanden van Chemours. Als referentiegemeente is, net als in het moestuinenonderzoek, de Hoeksche Waard meegenomen. Van de Hoeksche waard is bekend dat de gehalten aan PFOA in de bodem veel lager zijn dan in de rest van de regio Zuid-Holland Zuid. Daarnaast zijn op een locatie in de gemeente Altena eieren geraapt.

Voor de eerste fase van het onderzoek is een selectie gemaakt van de op dat moment beschikbare raaplocaties, deze zijn weergegeven in Figuur 2. Het betreft voornamelijk locaties van moestuinen (al dan niet als onderdeel van een

¹⁹ Hoeveel eieren er per kip per dag worden gelegd

²⁰ Granby et al., 2023, 'Per- and poly-fluoroalkyl substances in commercial organic eggs via fishmeal in feed.'

moestuïncmplex) en particuliere tuinen. Vanwege privacyoverwegingen worden in dit rapport geen gegevens verstrekt m.b.t. de exacte ligging van de raaplocaties.



Figuur 2. Locaties geraapte eieren en genomen grondmonsters. De codes per locatie zijn in verband met de privacy van de eigenaren niet opgenomen in dit figuur. Er staan daarnaast minder dan 31 punten op de kaart, omdat enkele locaties zo dicht bij elkaar liggen dat dit overlapt.

Bij alle locaties zijn, voor zover mogelijk, 10 eieren geraapt. De raaperiode was echter aan het einde van het legseizoen (startdatum 9 oktober 2023), hierdoor waren op een aantal locaties minder eieren beschikbaar, ondanks dat eieren over meerdere dagen verzameld werden. Er zijn bij deze locaties zoveel mogelijk eieren verzameld.

Van de 31 locaties zijn naar aanleiding van de resultaten van de eerste fase 10 locaties geselecteerd voor nader onderzoek (fase 2) naar bronnen van PFAS. Deze locaties zijn geselecteerd zodat ze een zo representatief mogelijke doorsnede geven van de locaties, waarbij is gekeken naar zowel geografische ligging als de resultaten van de eerste fase (vragenlijst en analyses).

2.3 Monstername

2.3.1 Fase 1

De bemonstering tijdens fase 1 is uitgevoerd door Tritium Advies B.V. Dit bestond uit monstername van eieren, grond en water, en het afnemen van een vragenlijst. Hierbij werden vragen gesteld over leeftijd van de kippen, de leefsituatie, het voer en andere bijzonderheden. Het uitgevoerde veldwerk en de resultaten van de grond- en wateranalyses zijn door Tritium gerapporteerd in separate rapporten per deellocatie (Bijlage B).

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de locaties met het aantal kippen, het aantal geraapte eieren en of er een extra raaprond nodig was. Locatie D1a en D1b zijn twee naast elkaar gelegen adressen. Omdat bij locatie D1a onvoldoende eieren konden worden geraapt, is besloten D1b toe te voegen. Er is ter plaatse geconcludeerd dat de kippen in vergelijkbare omstandigheden leven. De locaties zijn in het vervolg als separate locaties meegenomen.

Tabel 1. Aantal kippen en eieren per locatie.

Locatiecode **aantal kippen** **aantal eieren** **Extra ronde rapen?**

Alblasserdam			
A1	12	10	Nee
Dordrecht			
D1a*	1	3	Ja
D1b*	3	3	Ja
D2	5	1	Nee, geen eieren meer beschikbaar
D3	5	8	Ja
Hardinxveld-Giessendam			
H1	5	10	Nee
H2	10	10	Nee
H3	7	10	Nee
Molenlanden			
M1	20	10	Nee
M2	3	10	Ja
M3	2	10	Ja
M4	4	10	Ja
M5	3	4	Ja
M6	10	10	Nee
M7	3	10	Ja
M8	20	10	Nee
M9	3	10	Nee
M10	4	10	Nee
M11	5	10	Nee
M12	3	10	Nee
Papendrecht			
P1	8	10	Nee
P2	4	10	Nee
P3	60	10	Nee
P4	3	10	Nee
Sliedrecht			
S1	2	10	Ja
S2	24	10	Nee
S3	4	10	Nee

Locatiecode **aantal kippen** **aantal eieren** **Extra ronde rapen?**

Hoekse Waard (referentie)			
R1	4	7	Nee
R2	40	10	Nee
R3	40	10	Nee
Altena			
L1	20	10	Ja

* Locatie D1a en D1b zijn twee naast elkaar gelegen adressen.

2.3.2 Fase 2

De bemonstering tijdens fase 2 is uitgevoerd door Tritium Advies B.V. Hierbij is een selectie van 10 locaties gemaakt, zie ook paragraaf 2.1.2. Bij de bemonstering was een medewerker van Arcadis aanwezig om samen de monsternamestrategie ter plaatse te bepalen en om de vragenlijst af te nemen. Ook kon Arcadis op deze manier een betere indruk krijgen van de locaties en de situatie ter plaatse.

In deze fase zijn verschillende media geanalyseerd die mogelijk een bron kunnen zijn van de hoge gehalten PFAS in de eieren. Hierbij zijn op basis van waarnemingen op locatie een selectie van voer, verpakkingen van voer, bodembedekking, kippengrit, medicijnen en drinkwater direct uit de drinkwaterbakken bemonsterd. Ook zijn monsters genomen van grond op locaties waar mogelijk veel voer is blijven liggen of op locaties die in fase 1 mogelijk niet voldoende waren onderzocht. Als laatste zijn ook monsters genomen van regenwormen. Deze zijn in eerste instantie bij één locatie bemonsterd, maar naar aanleiding van de resultaten zijn ook de overige 9 locaties opnieuw bezocht voor monsternamename van wormen.

In onderstaande tabel is een overzicht gemaakt van de genomen monsters in fase 2.

Tabel 2. Overzicht monsters fase 2 per locatie.

Locatiecode	Grondmonsters	Voer	Verpakking voer	Bodembedekking	Kippengrit	Drinkwater	Medicijn	Wormen
Dordrecht								
D1a	Nabij voerbak en nabij locatie waar soms voer wordt gestrooid (2 monsters)	Granenmix	-	Mix hooi en stro En zaagsel	schelpengrit	(regen)water uit de bak	-	Kippenren Tuin
D2	Border	Granenmix, Meelwormen	-	Kranten	-	Kraanwater met vitamines	-	Border
D3	Nabij voerbak In de ren	Oude en huidige legkorrel En granenmix	Stukje plastic verpakking	Zaagsel van binnen verblijf	Mix grit en schelpen	Kraanwater met vitamines	-	Kippenren Tuin
Hardinxveld-Giessendam								
H1	Locatie vroegere ren en locatie deze ren (2 monsters)	Legkorrels	-	Vers land stro	-	Kraanwater	-	Kippenren Tuin
Molenlanden								
M4	-	Granenmix, Meelwormen en nieuw voer	Plastic en kartonnen verpakking	Stro binnen hok Tabaksstelen in legnest	schelpengrit	Kraanwater	-	Tuin
M5	Grond naast de voerbak	Legkorrel en voer uit voerbak	Kartonnen verpakking	Zaagsel	Kippengrit	Kraanwater	-	Kippenren Tuin
M10	Grond waar voer wordt uitgestrooid en grond bij uitgang ren	Biologische granenmix (nieuw, anders dan fase 1)	Verpakking oud voer en nieuw voer	Mix hooi en stro En zaagsel	-	-	-	Tuin
Sliedrecht								
S1	Nabij voerbak in de ren	Legbrokken	Verpakking karton en plastic	Stro binnenhok	-	Kraanwater	-	Kippenren Tuin
Hoekse Waard (referentie)								
R1*	-	-	-	-	-	-	-	Kippenren + Tuin (meng monster)
R2	Hok en vlakbij hok (2 monsters)	Granenmix	Verpakking granenmix, plastic en karton	Zaagsel hok	Mix grit en schelpen	In hok en buiten hok	Pot met antiluis middel	Kippenren achter kippenren voor

* In verband met de planning kon locatie R1 niet bemonsterd worden tijdens de uitgebreide bemonstering. Wel is deze meegenomen tijdens de bemonstering van de wormen.

2.4 Analyses

2.4.1 Fase 1. Eieren

De eieren zijn door WFSR geanalyseerd op 18 PFAS. De lijst met PFAS en bijbehorende afkortingen is opgenomen in Bijlage A.

Samenstelling (meng)monsters eieren

Per locatie zijn 2 (meng)monsters geanalyseerd. Voor de analyses zijn zoveel mogelijk twee mengmonsters samengesteld van 3 eieren, zodat nog 4 eieren overbleven voor eventuele aanvullende analyses. Voor locaties waar minder eieren aanwezig waren zijn monsters samengesteld op basis van beschikbaarheid van de eieren. Tabel 3 geeft de locaties weer en de aantallen eieren in de (meng)monsters, voor de locaties waar het niet mogelijk was om 10 eieren te verzamelen.

Tabel 3. Mengmonstersamenstelling locaties met minder dan 10 eieren.

Locatiecode	mengmonstersamenstelling
D1a	1 mengmonster 2 eieren
D1b	1 mengmonster 2 eieren
D2	1 ei
D3	2 mengmonsters van 3 eieren
M5	2 mengmonsters van 2 eieren
R1	2 mengmonsters van 2 eieren

Op basis van de resultaten is vervolgens voor 13 locaties een aanvullend monster (van 1 ei) geanalyseerd: D1(a en b), H3, L1, M1, M6, M9, M10, M11, P2, R1, R3 en S1. Deze zijn geselecteerd omdat de concentraties van PFAS tussen de mengmonsters voor deze locaties iets meer verschilden dan voor de andere locaties.

De eieren zijn voor analyses naar het laboratorium van WFSR gebracht. De resultaten van de analyses zijn aan Arcadis gerapporteerd. Arcadis heeft deze samengevoegd zodat deze als bijlage in dit rapport konden worden opgenomen zie Bijlage C.

2.4.2 Fase 1. Grond

Per locatie zijn in het veld vakken samengesteld waarin drie boringen zijn genomen. Per vak zijn mengmonsters samengesteld van 3 boringen. In fase 1 zijn alleen mengmonsters van de bovenste laag, van 0,0 – 0,05 m-mv, geanalyseerd. De monsters zijn geanalyseerd op het pakket met 28 PFAS zoals geadviseerd in het Handelingskader PFAS. Daarnaast zijn locaties die dichterbij Chemours liggen aanvullend geanalyseerd op GenX.

De analyseopzet is door Tritium gerapporteerd in separate rapporten per deellocatie (Bijlage B).

Aanvullend zijn in fase 2 de in die fase genomen monsters geanalyseerd, deze worden in onderstaande paragraaf beschreven.

2.4.3 Fase 2. Andere media

Na monsternamen (zie paragraaf 2.3.2) is op basis van de gegevens uit het veld en de vragenlijst in samenwerking met WFSR een analysestrategie bepaald. Hierbij is zo efficiënt mogelijk gebruik gemaakt van de ruimte die er is voor monsters per analyserun. Daarom zijn in eerste instantie de meest verdachte monsters geselecteerd voor analyse. Deze monsters zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4. Selectie analyses monsters.

	Grondmonsters	Voer	Verpakking voer	Bodembedekking	Kippengrit	Drinkwater	Medicijnen	Wormen
Geanalyseerd ja/nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee	Ja*

* 1 monster (D2) 1ste ronde, rest 2de ronde

De monsters zijn geanalyseerd op een lijst van 18 PFAS. De resultaten van de analyses zijn aan Arcadis gerapporteerd. Arcadis heeft deze samengevoegd zodat deze als bijlage in dit rapport konden worden opgenomen, zie Bijlage C.

Op basis van de resultaten uit deze analyseronde, is geconcludeerd dat aanvullende analyse op de andere bemonsterde media zeer waarschijnlijk geen aanvullende informatie zou geven. Wel zijn na deze analyseronde op basis van het enkele monster met wormen aanvullende monsters met wormen verzameld en geanalyseerd (zie ook paragraaf 2.3.2).

3 Resultaten en evaluatie PFAS in eieren (fase 1)

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de eerste onderzoeksfase gepresenteerd en besproken. Hierbij wordt ingegaan op de onderzoeksvraag, de concentraties PFAS in grond en eieren, en de relatie hiertussen. De analyseresultaten worden weergegeven in figuren en zijn in tabelvorm opgenomen in de bijlagen. In de evaluatie wordt daarnaast ook ingegaan op de resultaten uit de vragenlijst. De resultaten van de vragenlijst zijn i.v.m. privacy niet opgenomen in het rapport.

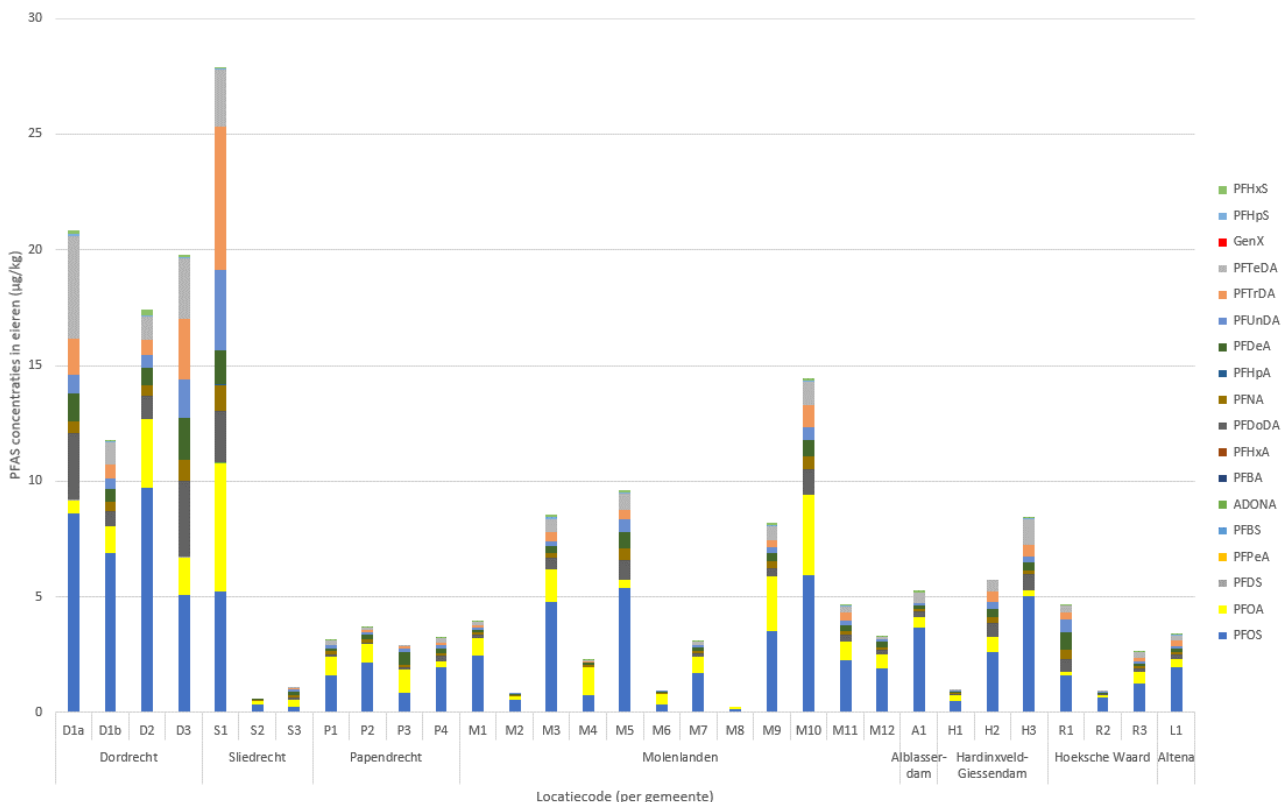
3.1 Onderzoeksvraag PFAS in eieren

Fase 1 richt zich op de eerste twee onderzoeksvragen:

- Hoeveel PFAS bevatten kippeneieren?
- Zijn eieren van particulieren in het gebied rond de fabriek van Chemours een belangrijke blootstellingsroute voor de inname van PFAS?
- Is er een relatie tussen de uitstoot van PFOA door Chemours en het PFAS-gehalte in eieren?

3.2 Fase 1. Resultaten PFAS in eieren

In Figuur 3 worden de concentraties PFAS in eieren per locatie weergegeven. Deze zijn ingedeeld per gemeente. Uit de resultaten blijkt dat de concentraties PFAS in de eieren hoog zijn. In de eieren van 25 van de 31 locaties worden de wettelijke maximumgehalten (EU maximumlimieten (ML's)) voor PFAS in eieren overschreden²¹. Hierbij wordt opgemerkt dat de resultaten van locatie D2 gebaseerd zijn op de analyse van één ei. De verwachting is echter dat deze wel representatief zijn, omdat de concentraties overeenkomen met de andere, vergelijkbare monsters.



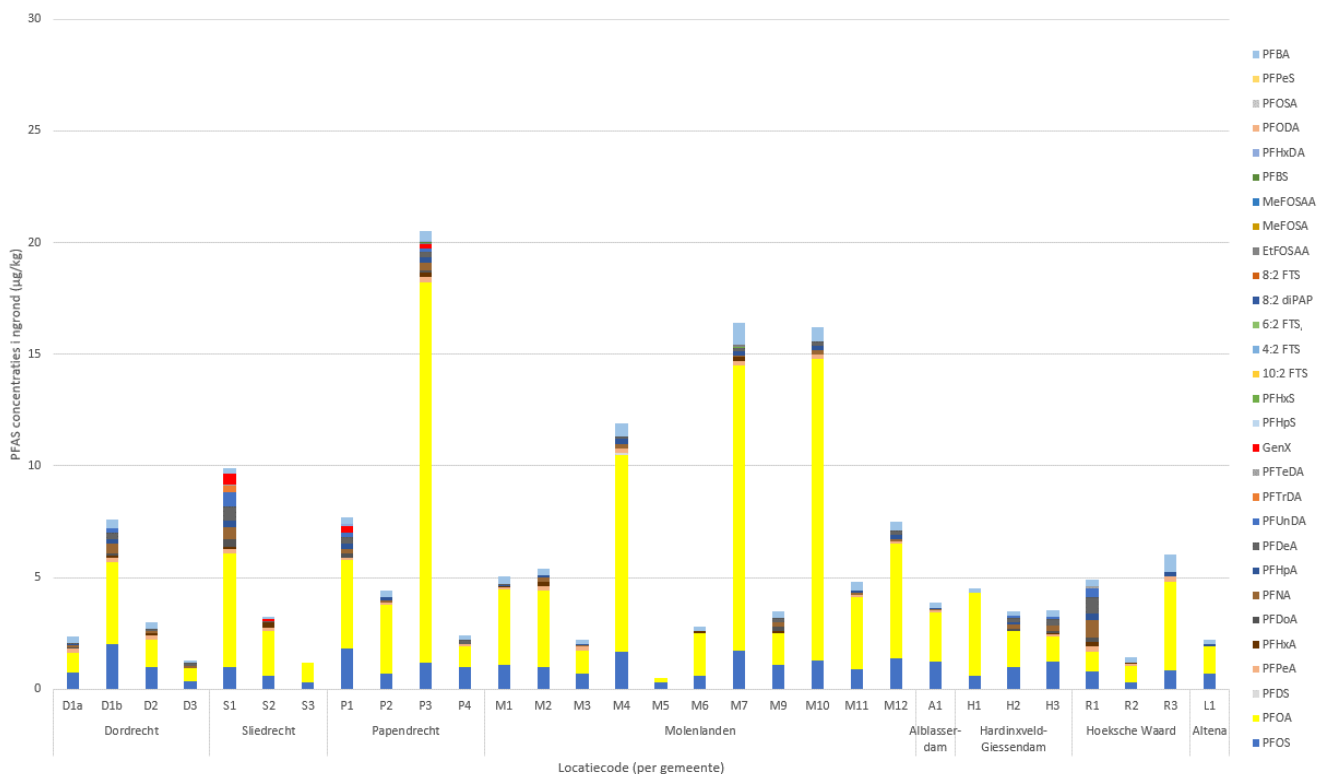
Figuur 3. Concentraties in eieren in µg/kg per locatie (gemiddeld en opgeteld).

²¹ De maximale limieten in eieren betreffen geen gezondheidskundige waarden, maar waarden afgeleid om de eieren met de hoogste concentraties uit de markt te weren, zie ook de uitleg in het RIVM rapport¹².

De locaties in Dordrecht en de locatie direct benedenwinds (S1) van Chemours hebben relatief hoge PFAS-gehalten. De gehalten in andere eieren zijn zeer wisselend. Daarnaast is te zien dat de concentratie PFOA (geel) niet de hoofdcomponent is in de eieren, PFOA maakt gemiddeld slechts 21% uit van de PFAS die in de eieren gevonden zijn. Bij locaties S1, M9 en M10 zijn PFOA-concentraties relatief hoog, maar over het algemeen is PFOS de component met de hoogste concentraties. PFOS is echter een stof die niet gerelateerd kan worden aan de uitstoot van Chemours, en die ook met het eerdere onderzoek in moestuinen niet in opvallend hoge concentraties is aangetroffen in grond en gewas. Verder valt op dat naast PFOA en PFOS voornamelijk PFAS met lange ketens aanwezig zijn in de eieren. Een ander opvallend resultaat is dat ook in de locaties verder weg gelegen van de fabriek, en niet in de overheersende windrichting, zoals bijvoorbeeld de locaties in de Hoeksche Waard en Altena een reeks aan verschillende PFAS-verbindingen in de eieren worden aangetroffen. De PFAS-concentraties die gevonden zijn in de eieren van hobbykippen zijn een factor 6-1000 hoger dan wat er wordt gevonden in commerciële eieren¹⁸.

3.3 Fase 1. Resultaten PFAS in grond

In Figuur 4 zijn de gemiddelde concentraties PFAS in de grond weergegeven op dezelfde volgorde en met dezelfde schaal voor de y-as als in Figuur 3. Het is duidelijk dat in de grond met name PFOA een rol speelt. Er is geen eenduidig patroon te herkennen in het voorkomen van PFOA en andere PFAS in de grondmonsters. De aangetroffen verontreinigingen passen redelijk binnen het algemene beeld van het voorkomen van PFOA in de bodem van de regio Zuid-Holland Zuid²². PFOS komt in veel minder hoge concentraties voor, de concentraties zijn vergelijkbaar met PFOS-achtergrondconcentraties in Nederland. Daarnaast komen direct benedenwinds van Chemours enkele PFAS met lange ketens voor en GenX. Het is opvallend dat op een paar locaties, inclusief locaties in Sliedrecht en Papendrecht, maar ook één van de referentielocaties in de Hoeksche Waard, relatief veel langketenige PFAS worden gemeten in de grond.

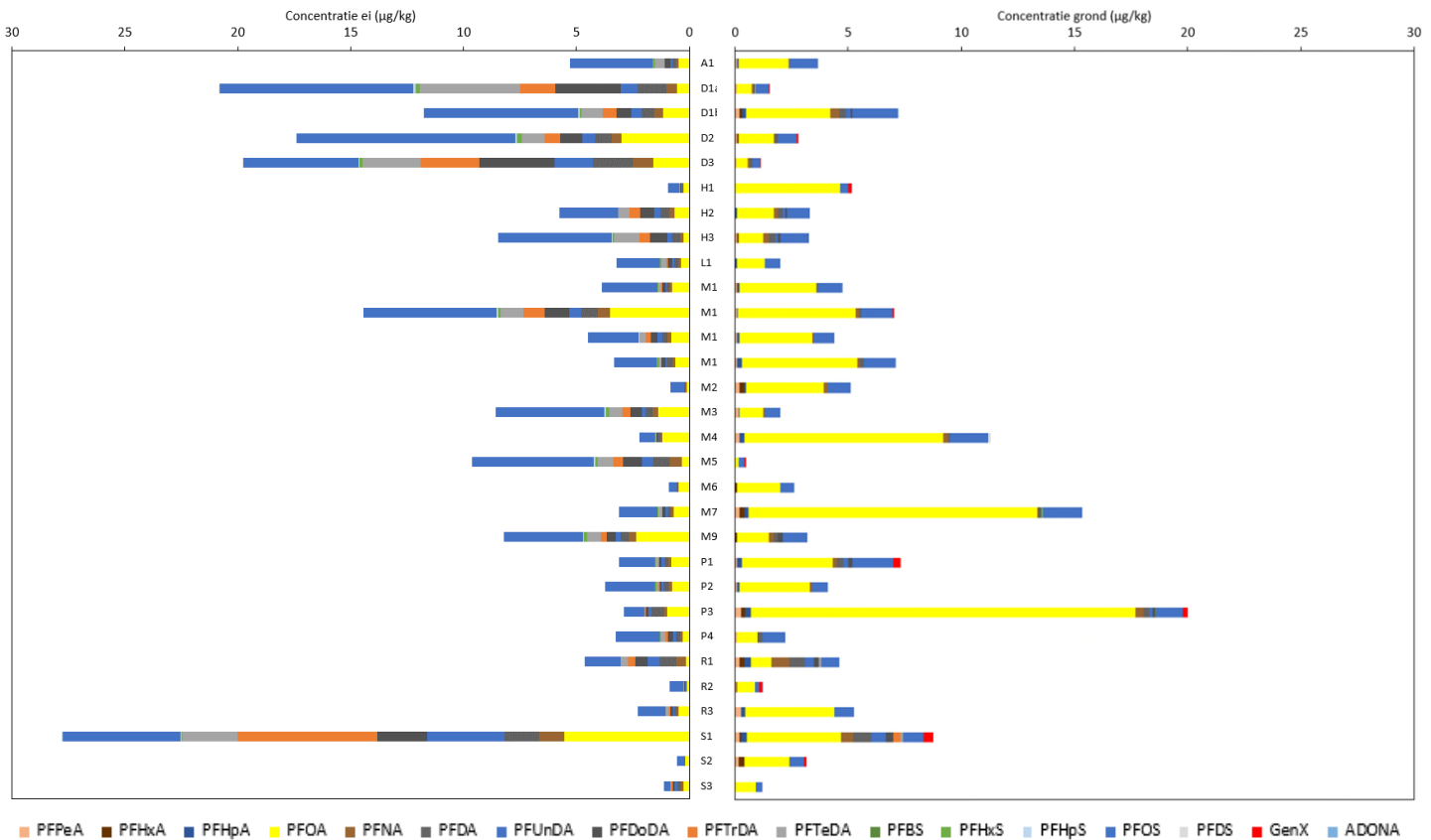


Figuur 4. Concentraties PFAS in grond (0 – 5 cm -mv) in µg/kg ds per locatie (gemiddeld en opgeteld). Locatie M8 ontbreekt omdat hier enkel verharding aanwezig was (geen bodem).

²² Bodemverwachtingskaart PFOA en PFOA in Zuid-Holland – resultaten en verantwoording. Provincie Zuid-Holland, PZH-2022-803414091

3.4 Evaluatie relatie PFAS in eieren en PFAS in grond

Er is geen duidelijke relatie te zien tussen de concentraties in de grond en de concentraties in de eieren: locaties waar hoge concentraties in de grond aanwezig zijn, hebben niet direct ook hoge concentraties in de eieren en andersom. Ook zijn de verhoudingen tussen de verschillende PFAS anders, in grond wordt voornamelijk PFOA gemeten, in de eieren betreft dit meer andere PFAS verbindingen. In Figuur 5 zijn de gemeten waarden in de eieren (links) en grond (rechts) naast elkaar weergegeven. Bij inname van grond door de kip, kunnen de concentraties PFAS in de grond de concentraties PFAS in de eieren niet verklaren.



Figuur 5. Concentraties in eieren (links) en in grond (rechts) per locatiecode. De buitenste blauwe balk is de concentratie PFOS.

3.5 Evaluatie PFAS-concentraties in eieren en dominante componenten

In alle monsters zijn PFAS aangetoond. Totale PFAS-concentraties variëren sterk, van 0,3 µg/kg tot 33,6 µg/kg. Het is duidelijk te zien dat PFOS over het algemeen de hoofdcomponent is in de eieren, gevolgd door PFOA en daarna de langketenige PFCA's (perfluorcarboxylzuren). In de grond is dit anders en is PFOA de hoofdcomponent. Dit is gemeten in zowel het vorige moestuinonderzoek als het huidige onderzoek (en ook in de diverse andere onderzoeken). De andere PFAS komen in de grond in veel lagere gehalten voor. De concentraties PFAS in de eieren zijn daarnaast relatief hoog. Ter vergelijking, in moestuingroenten¹⁰ lagen de gemiddelde concentraties totaal PFAS lager dan 0,1 µg/kg.

De PFOA-concentraties nemen over het algemeen wel af met toenemende afstand van Chemours, maar PFOA is voor veel van de monsters niet de maatgevende PFAS. Met name PFOS, maar ook de langketenige PFCA's (PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFTrDA en PFTeDA²³) komen in veel monsters in aanzienlijk hogere concentraties voor dan PFOA. Dit zijn de PFAS verbindingen die sterker bioaccumuleren. Dit wordt toegelicht in het literatuuronderzoek (paragraaf 4.2). Ook in de referentiegemeente, Hoeksche Waard, zijn concentraties erg variabel. Bij R1 zijn de concentraties hoger dan in andere monsters in gemeenten die wel benedenwinds van Chemours liggen.

²³ Voor betekenis van afkortingen, zie Bijlage A.

Op basis van bovenstaande wordt geconcludeerd dat de belangrijkste bron van PFAS in kippeneieren niet de directe inname van grond is (het oppikken van grond). Daarmee is de nabijheid van Chemours ook niet de hoofdoorzaak van het voorkomen van PFAS in de eieren. Ook kunnen de hoge gehalten niet op basis van de bekende gegevens direct worden gerelateerd aan de leefsituatie of het medicijngebruik. Om hierin meer inzicht te krijgen is een aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de bronnen van PFAS (fase 2).

PFOA-equivalenten (PEQ)

In het huidige rapport zijn de gemeten concentraties van PFAS opgenomen. Voor de risicobeoordeling van het RIVM is gebruik gemaakt van RPF-factoren (relative potency factoren) en zijn de concentraties omgerekend naar PFOA-equivalenten, dit wordt hieronder toegelicht.

Het RIVM gaat voor de risicobeoordeling uit van de gezondheidkundige waarde van de EFSA, die is opgesteld op basis van 4 PFAS: PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA. RIVM stelt dat mensen aan meer PFAS-verbindingen worden blootgesteld dan de bovenstaande vier PFAS, en dat deze andere PFAS ook meegenomen dienen te worden bij de toetsingen aan de TWI (toelaatbare wekelijkse inname). Hiervoor wordt de RPF-methode gebruikt, waarbij aan iedere individuele PFAS een relatieve toxiciteit wordt toegewezen ten opzichte van PFOA (een sterker of minder sterk negatief gezondheidseffect dan PFOA). Hiermee kan een grotere groep van PFAS-verbindingen aan de toetsingswaarde worden getoetst. Met behulp van de RPF worden de concentraties per PFAS omgerekend naar PFOA-equivalenten (PEQ), deze worden vervolgens bij elkaar opgeteld.

Het kan hierdoor zijn dat bij de risicoberekening andere PFAS dominant zijn in vergelijking met de gemeten concentraties. Daarnaast is de som PFAS dus niet gelijk aan de som PEQ. Voor de zoektocht naar bronnen van PFAS in kippeneieren zijn de daadwerkelijk gemeten concentraties het belangrijkste, vandaar dat deze in de huidige rapportage worden weergegeven.

3.6 Vergelijking gemeten PFAS concentraties in eieren met literatuur

In de literatuur zijn vooral data van eieren van hobbykippen in de buurt van PFAS-fabrieken bekend. De meeste van deze fabrieken hebben (in het verleden) PFOS uitgestoten. Er is weinig data bekend van eieren van hobbykippen die niet in de buurt van een PFAS-fabriek liggen. In 2015 is wel al eens onderzoek gedaan naar PFAS in eieren van hobbykippen (Zafeiraki, 2016). Dit is destijds uitgevoerd in Griekenland en in Nederland. De gemeten concentraties, omgerekend naar inname van PFAS, vormden destijds geen aandachtspunt, maar op basis van de nu geldende waarde van de TWI (toelaatbare wekelijkse inname) (die in 2020 sterk is verlaagd), zijn de in 2015 gemeten waarden erg hoog. De waarden zijn weergegeven in het figuur hieronder. Om deze waarden te vergelijken met de waarden gemeten in het huidige onderzoek moeten ze nog door (ongeveer) een factor drie gedeeld worden, de PFAS zijn destijds gemeten in het eigeel (PFAS hopen op in eigeel).

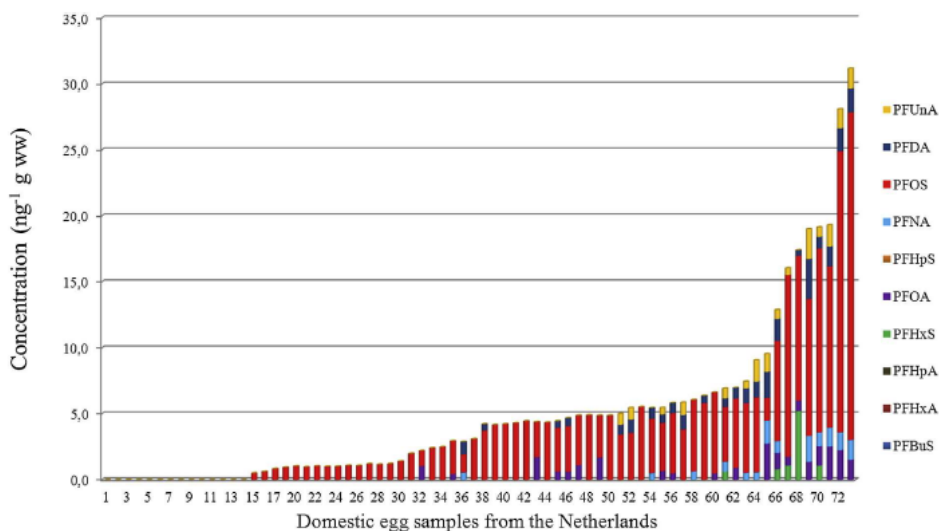
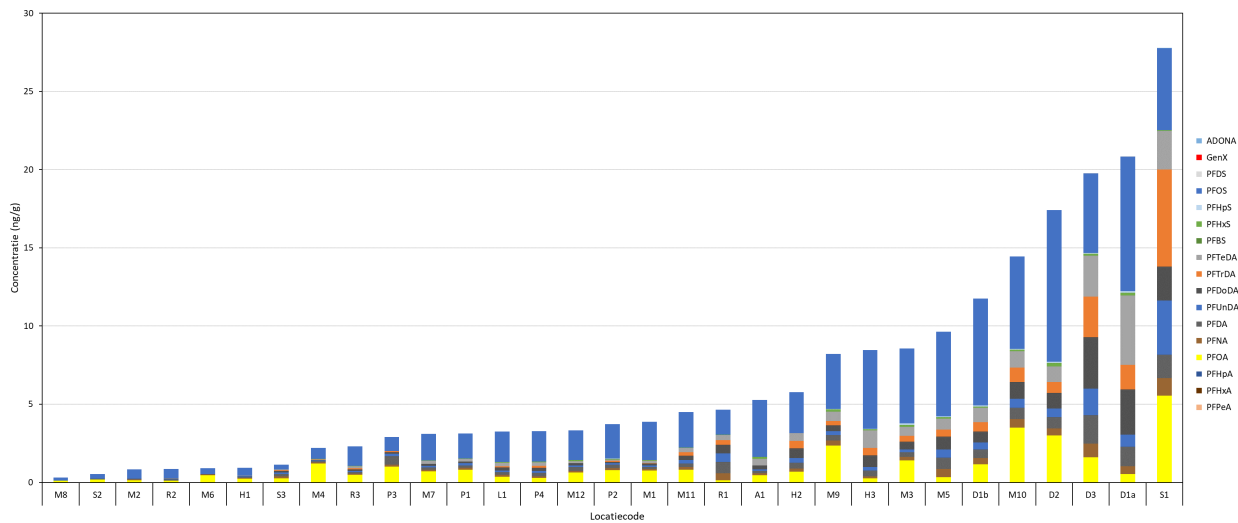


Fig. 2. Concentrations of individual PFASs (ng/g ww) in yolk samples from home produced eggs from the Netherlands. In samples where no data are presented, all levels were below the LOQ. The samples have been presented in increasing PFASs level order.

Figuur 6. Concentraties in het eigeel van eieren uit Nederland, bemonsterd in 2015 (figuur komt uit Zafeiraki, 2016). PFOS is weergegeven in rood, PFOA is paars.

Ter vergelijking zijn de gemiddeld gemeten waarden in de eieren per locatie in het huidige onderzoek op een vergelijkbare wijze weergegeven (gemiddelde per locatie).



Figuur 7. Concentraties in het hele ei bemonsterd in dit onderzoek. Concentraties zijn gemiddeld per locatie. PFOS is weergegeven in blauw, PFOA is geel.

Wat hierbij opvalt is dat het beeld in beide onderzoeken van de som PFAS er vergelijkbaar uitziet, dit is echter niet zo omdat in het ene onderzoek is gemeten in eigeel en in het huidige onderzoek in het hele ei. Dat betekent dat de concentraties (som PFAS) zoals gemeten in het huidige onderzoek ongeveer een factor 3 hoger is.

Wat nog meer opvalt is dat in het huidige onderzoek een grotere verscheidenheid aan PFAS-verbindingen gemeten zijn. In het onderzoek van Zafeiraki is PFOS (rood) duidelijk de belangrijkste component. In het huidige onderzoek is dat ook zo (blauw), maar veel minder uitgesproken. PFOA wordt weer meer gemeten in het huidige onderzoek (geel, en paars in het onderzoek van Zafeiraki), wat in deze omgeving verwacht werd. Wat verder meespeelt is dat in het onderzoek van Zafeiraki de twee langste PFAS verbindingen niet geanalyseerd zijn (PFTTrDA en PFTTeDA). Deze zijn in het huidige onderzoek weergegeven net onder PFOS, met grijs en oranje.

Het wordt niet uitgesloten dat de langketenige PFCA's mogelijk toch iets te maken hebben met de locatie benedenwinds van Chemours, stedelijk gebied en/of vuilverbranding. Dit kan op basis van dit onderzoek echter niet met zekerheid geconcludeerd worden, in één van de referentietuinen, het meest ver bovenwinds, is ook een verscheidenheid van PFAS aangetroffen (en niet of nauwelijks PFOA). Bovendien heeft in de laatste twintig jaar een langzame verschuiving van het gebruik van verschillende typen PFAS plaatsgevonden, bijvoorbeeld de uitsluiting van PFOS en vervolgens PFOA, waarbij deze veelal zijn vervangen door andere typen PFAS. Dit kan ook een oorzaak zijn van het aantreffen van andere typen PFAS in de eieren dan in het onderzoek uitgevoerd in 2015.

4 Onderzoek oorzaak PFAS in eieren (fase 2)

Naar aanleiding van de resultaten van de eerste fase is besloten tot uitvoeren van onderzoeksfase 2. In fase 1 zijn enkele aanknopingspunten naar voren gekomen die in fase 2 verder zijn onderzocht. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de tweede onderzoeksfase gepresenteerd en besproken. Hierbij wordt ingegaan op de onderzoeksvraag, de PFAS concentraties in eieren en het onderzoek naar de mogelijke bronnen hiervan. Aan het einde van dit hoofdstuk worden de mogelijke bronnen samengevat en worden kennishiaten geïdentificeerd.

4.1 Onderzoeksvraag

Op basis van de resultaten van fase 1 konden onderzoeksvragen met betrekking tot de PFAS-gehalten in kippeneieren worden beantwoord. Op basis van de resultaten van fase 1 heeft RIVM de risico's van PFAS in kippeneieren bepaald (zie voetnoot 18). Op basis van de resultaten van fase 1 was het echter nog niet duidelijk waar de PFAS in kippeneieren vandaan komen. Fase 2 richt zich op de volgende onderzoeksvraag:

- Wat zijn de mogelijke bronnen van PFAS in eieren van hobbykippen?

Zoals aangegeven in paragraaf 2.1.2 zijn voor deze vervolgfase tien locaties geselecteerd voor nader onderzoek. In dit hoofdstuk zal dan ook voornamelijk worden ingegaan op deze tien locaties. In de samenvatting worden vervolgens alle data samen geëvalueerd en worden aanbevelingen gegeven.

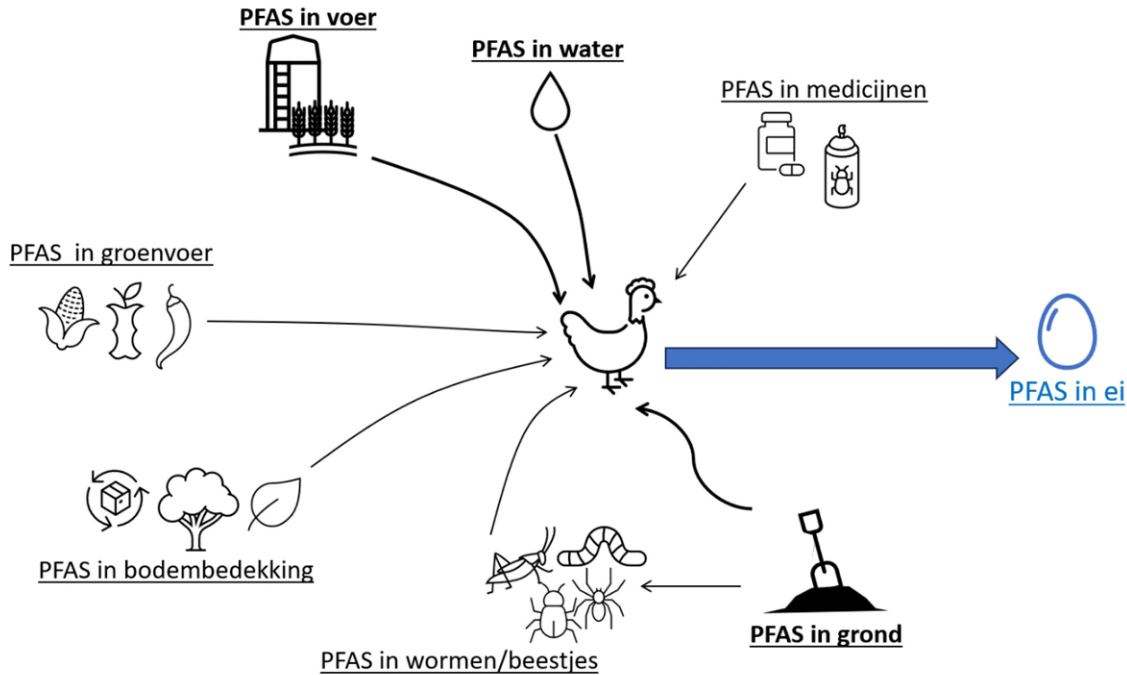
4.2 Literatuur

Voorafgaande aan het verdiepende brononderzoek is een literatuurstudie uitgevoerd naar wat er bekend is in de literatuur over bronnen voor PFAS in kippeneieren, en is overlegd met verschillende wetenschappers.

Uit de literatuur kwamen diverse relevante waarden naar voren, zoals transferfactors (de mate waarin PFAS in het ei terecht komt²⁴), gemiddelde inname van voer/grond en gemiddeld gewicht van eieren. De legfrequentie is ook een belangrijke parameter, maar deze kwam niet duidelijk uit de literatuur naar voren. Een samenvatting van de literatuur is gegeven in Bijlage D. Hierbij zijn ook de mogelijke bronnen geïnterpreteerd.

Hieronder zijn innameroutes van kippen samengevat. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de belangrijke innameroutes, waarvan bekend is dat dieren dit binnenkrijgen, en mogelijke andere innameroutes. In Figuur 8 zijn de mogelijke innameroutes weergegeven. De belangrijkste routes zijn dikgedrukt weergegeven.

²⁴ Uit de literatuur is bekend dat PFOS een transferfactor heeft van 1: alle PFOS die een kip binnenkrijgt komt, bij een stabiele situatie in het ei terecht (als de kip al gedurende langere tijd PFOS binnenkrijgt). Dit geldt ook voor de langketenige PFAS verbindingen. PFOA daarentegen heeft volgens de literatuur een transferfactor van 0,5, wat betekent dat de helft in het ei terecht komt, de andere helft wordt uitgescheiden via de ontlasting.



Figuur 8. Mogelijke innameroutes voor kippen.

Via deze blootstellingsroutes kunnen ook precursors in de genoemde mogelijke bronnen voorkomen. Dit zijn PFAS-verbindingen die met een reguliere PFAS-analyse niet gemeten kunnen worden, maar in het milieu of in de kip wel omgezet kunnen worden tot meetbare PFAS. Stap voor stap is van deze routes bekeken of dit relevante routes zijn.

Een samenvatting van de mogelijke bronnen en bijbehorende bevindingen is weergegeven in onderstaande tabel. Hierbij is in de laatste kolom opgenomen of deze ook geanalyseerd zijn in fase 2.

Tabel 5. PFAS innameroutes voor kippen - bronnen en bevindingen.

Matrix	Bevinding	Analyse uitvoeren?
Belangrijkste innameroutes		
Grond	Kippen kunnen direct en indirect PFAS opnemen uit de grond. Uit fase 1 blijkt ook dat grond gedeeltelijk dezelfde PFAS bevat als de eieren.	Ja, om te verifiëren worden monsters genomen op de plekken waar de kippen het meeste pikken.
Water	Kippen kunnen PFAS opnemen uit drinkwater. Voornamelijk via directe opname. Echter zijn PFAS concentraties in het drink-, regen- en oppervlaktewater in de omgeving bekend en kunnen deze het voorkomen van PFAS in eieren niet verklaren. Daarnaast worden op enkele locaties vitamines toegevoegd aan het drinkwater voor de kippen. Het is niet bekend dat deze PFAS kunnen bevatten.	Ja, om uit te sluiten dat het water de bron is, drinkwater direct uit de containers bemonsteren (dus indien van toepassing inclusief vitamines). Hiermee wordt een mogelijke uitloging van PFAS uit de containers ook meegenomen.
Voer	Uit eerdere studies (met name één studie in Denemarken), blijkt dat in kippenvoer, vooral voer dat gebruikt wordt om kippen aan de leg te krijgen, PFAS voor kunnen komen. Dit is afkomstig uit vis(meel) dat hierin verwerkt wordt. De soorten PFAS die zijn aangetroffen in de studies komen overeen met de in eieren gevonden PFAS in fase 1. Echter staat vis(meel) niet als ingrediënt op de verpakkingen van het bemonsterde voer. Het is op basis van deze gegevens onduidelijk of dit een bron kan zijn.	Ja
Mogelijke aanvullende innameroutes		
Resten uit de keuken	Kippen krijgen ook vaak restafval vanuit de keuken. Dit is niet op de verschillende locaties bemonsterd, omdat er een grote variatie in zit en omdat de PFAS concentraties in voedingsmiddelen in Nederland en in de gewassen uit moestuinen in de regio rondom Dordrecht wel globaal	Nee

Matrix	Bevinding	Analyse uitvoeren?
	bekend zijn ²⁵ . Door de eigenaren van de kippen werd bovendien aangegeven dat de kippen geen dierlijke etensresten en maar beperkt andere etensresten krijgen.	
Wormen	PFAS kunnen via bioaccumulatie ophopen in wormen, waardoor PFAS gehalten in de wormen relatief hoog kunnen worden. Als vervolgens kippen deze wormen opeten, kunnen de PFAS in eieren terechtkomen.	Ja, als in andere analyses niets gevonden wordt, wordt deze als eerst geanalyseerd.
Verpakking van het voer	Bekend is dat in (gerecycled) papier PFAS kunnen voorkomen. In dit geval kunnen PFAS terechtkomen in het voer en opgenomen worden door kippen. De blootstellingsroute van verpakking naar de kip gaat via het voer, en dit wordt al onderzocht (zie hierboven).	Nee, tenzij PFAS in voer voorkomen.
Bodembedekking	PFAS kunnen aanwezig zijn in gerecyclede bodembedekking zoals karton en papier. Mogelijk pikken kippen hierin en nemen ze zo de PFAS op.	Nee, tenzij bron op basis van andere analyses niet gevonden wordt.
Medicijnen	Over PFAS in medicijnen zijn geen relevante bronnen in de literatuur gevonden. Wel is uit fase 1 bekend dat enkele locaties waar in het verleden luizenspray is gebruikt, verhoogde PFAS waarden in eieren hadden. De kippen zouden dit dan binnen moeten krijgen via de grond, maar deze wordt al onderzocht, of door aan het hok te pikken. Eigenaren hebben in de vragenlijst aangegeven dat voor zover bekend de kippen niet aan het hok pikken.	Nee, tenzij bron op basis van andere analyses niet gevonden wordt.
Kippengrit	Over PFAS in kippengrit zijn geen relevante bronnen gevonden. Op basis van bekende toepassingen van PFAS wordt ook niet verwacht dat hier PFAS in voorkomen.	Nee, tenzij bron op basis van andere analyses niet gevonden wordt.
Lucht	PFAS kunnen zich, vanuit Chemours, via de lucht verspreiden. De PFAS die zich via de lucht verspreiden zullen echter voornamelijk in de grond ophopen.	Nee
Precursors	In elk van de bovengenoemde bronnen kunnen precursors van PFAS voorkomen, die in de kip omzetten naar de geanalyseerde PFAS. Een analyse van precursors is echter lastig omdat onbekend is om welke stoffen dit precies zou gaan en omdat niet alle precursors even goed geëxtraheerd kunnen worden voor analyse.	Nee, maar mogelijk wel relevant.
Andere beestjes (insecten, spinnen)	Kippen eten ook andere beestjes dan wormen. Mogelijk dat PFAS vanuit deze beestjes ook in de eieren terechtkomen. Op basis van bekende informatie is niet duidelijk of en hoeveel beestjes de kippen van de onderzochte locaties eten. Daarnaast is het verzamelen van monsters hiervan niet eenduidig omdat deze beestjes niet aan de locatie gebonden zijn	Nee, maar mogelijk wel relevant.

²⁵ Rapport PFAS in moestuinen: <https://www.ozhz.nl/wp-content/uploads/Rapport-PFAS-moestuinen-grond-en-wateronderzoek.pdf>
Risicobeoordeling PFAS in moestuinen: RIVM rapport 2022-0010 - Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden
Risicobeoordeling PFAS in voedsel: RIVM rapport 2023-0011 - Risk assessment of exposure to PFAS through food

4.3 Resultaten onderzoek oorzaak

Het onderzoek heeft plaatsgevonden op basis van de tabel in de vorige paragraaf. Hierbij zijn eerst grond, water en voer geanalyseerd, omdat dit de belangrijkste innameroutes zijn van de kip. Indien hier geen duidelijke bron uit naar voren zou komen, moest er verder worden gezocht naar de oorzaak. De resultaten van de analyses uit fase 2 zijn per matrix weergegeven in Figuur 9.

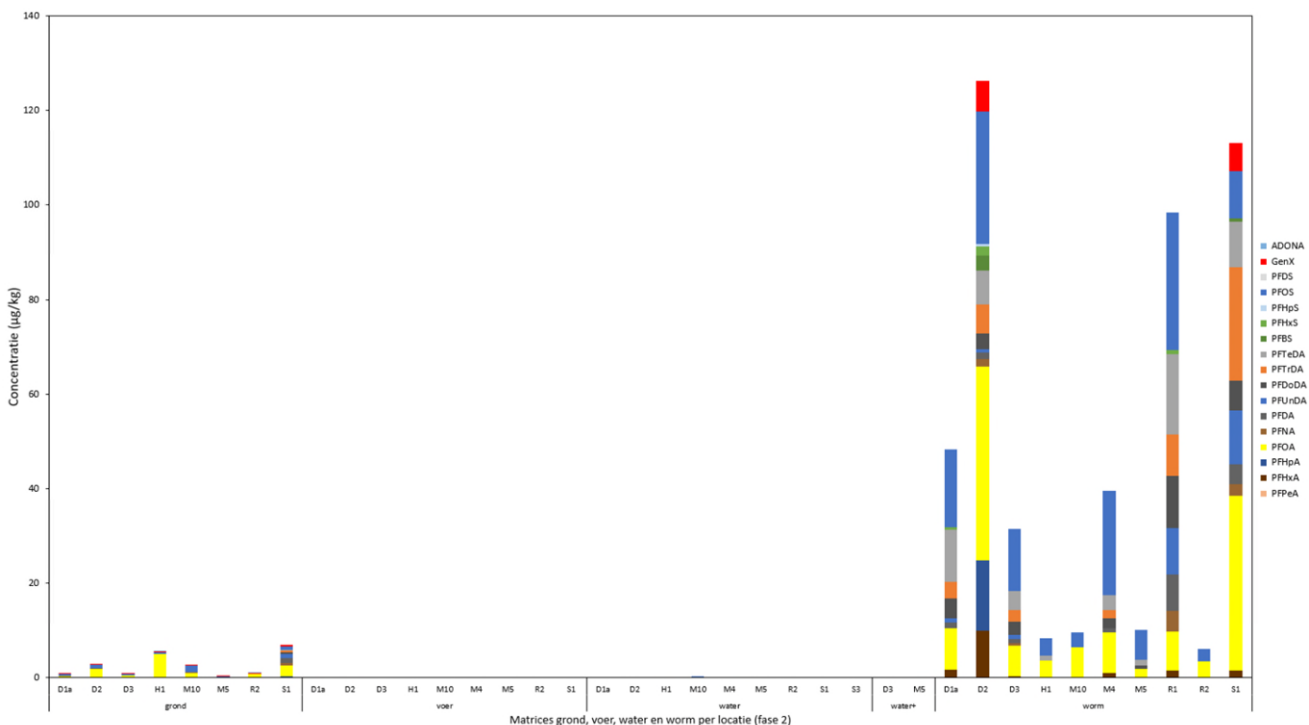
In de grond zijn vergelijkbare PFAS-gehalten aangetoond als in fase 1. Deze keer is specifiek bemonsterd rondom de voerbakken omdat daar veel gepikt wordt door de kippen. Mochten er bovendien precursors in het voer aanwezig zijn, dan zou het kunnen zijn dat dit op deze plekken meetbaar zou kunnen zijn in de grond, door hogere gehalten PFAS (PFAS-precursors kunnen onder invloed van diverse processen in de grond omgezet worden naar meetbare PFAS).

In enkele watermonsters is PFAS aangetroffen maar zoals te zien is in Figuur 9, zijn deze concentraties niet significant in vergelijking met concentraties in grond en wormen. Dit geldt ook voor de watermatrices waar vitaminen of anti-worm zijn toegevoegd.

In voer (inclusief meelwormen) zijn geen PFAS boven de detectiegrens aangetroffen, dit in tegenstelling tot de onderzoeken genoemd in bovenstaande tabel, waar voer een belangrijke oorzaak was van PFAS in eieren, vanwege het gebruik van vismeel.

Aan de hand van bovenstaande resultaten konden de hoge PFAS-gehalten in eieren niet worden verklaard. Vervolgens zijn de wormen geanalyseerd.

Uit de resultaten blijkt dat hiervan de concentraties in wormen het hoogst zijn, en daarbij ook hoger dan de concentraties in eieren. De wormen lijken op basis van deze resultaten een belangrijke blootstellingsroute te zijn.



Figuur 9. Resultaten analyses fase 2 (grond, voer, water en worm) per locatie (gemiddeld). Water+ betreft bij D3 water+vitamines en bij M5 water+antiworm.

4.4 Evaluatie onderzoek oorzaak

In onderstaande tabel worden ook de resultaten van de analyse geïnterpreteerd.

Tabel 6. Interpretatie van de analyse resultaten.

Matrix	Bevinding	Relevant?
Grond	Uit analyseresultaten komen vergelijkbare gehalten als in fase 1. Dit verklaart een deel van de in eieren aangetoonde PFAS concentraties, maar kan de hoogte van concentraties in de eieren niet verklaren (zie paragraaf 4.5). Bovendien is de fingerprint van PFAS in de grond totaal anders dan in de eieren.	Ja
Water	PFAS concentraties in water zijn vergeleken met andere matrices (grond en wormen) zeer laag en kunnen daarom niet een significante bijdrage leveren aan PFAS concentraties in de eieren.	Nee
Vitamines en anti-worm	Vitamines en anti-worm zijn indirect gemeten door drinkwater te bemonsteren zoals de kippen dit binnenkrijgen, dus inclusief eventuele medicijnen. Hiervoor geldt dan ook dezelfde conclusie als voor het water.	Nee
Voer (granen en meelwormen)	Er zijn geen PFAS aangetoond in voer en meelwormen.	Nee
Verpakking van het voer	In het voer zijn geen PFAS aangetroffen. De verpakkingen van het voer zijn hierdoor naar verwachting ook geen bron.	Nee
Wormen	PFAS concentraties in wormen zijn hoog en de fingerprint van PFAS komt grotendeels overeen met die van de PFAS in eieren. Dit kan voor een groot deel de PFAS concentraties in eieren verklaren.	Ja

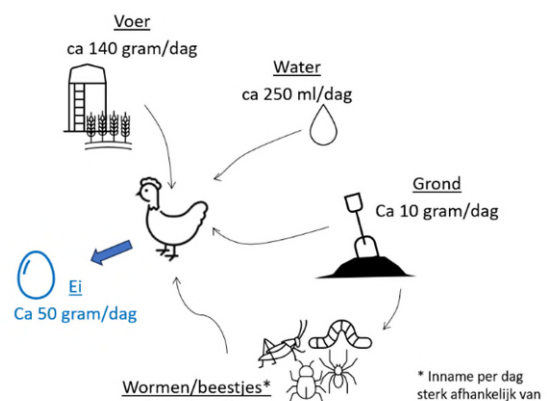
4.5 Verwachte concentratie in ei

Op basis van de literatuur voor bijvoorbeeld gemiddelde inname (zie paragraaf 4.2 en Bijlage D) is doorgerekend hoeveel van welke PFAS er op basis van de geanalyseerde relevante matrices in de eieren terecht zou kunnen komen. Dit betreft een indicatieve berekening om in te kunnen schatten of concentraties in de diverse matrices relevant kunnen zijn. Op deze wijze zijn alle matrices doorgerekend.

Hierbij is rekening gehouden met de volgende factoren:

- PFAS concentraties in de verschillende matrices;
- Legfrequentie van kippen (zie fase 1);
- Aannames over transferfactoren (PFAS opname van worm/grond naar ei. De rest wordt via ontlasting uitgescheiden);
- Aannames over gewicht inname grond (10 gram/dag) en worm (2 gram/dag);
- Aannames over gewicht gemiddeld ei (50 gram).

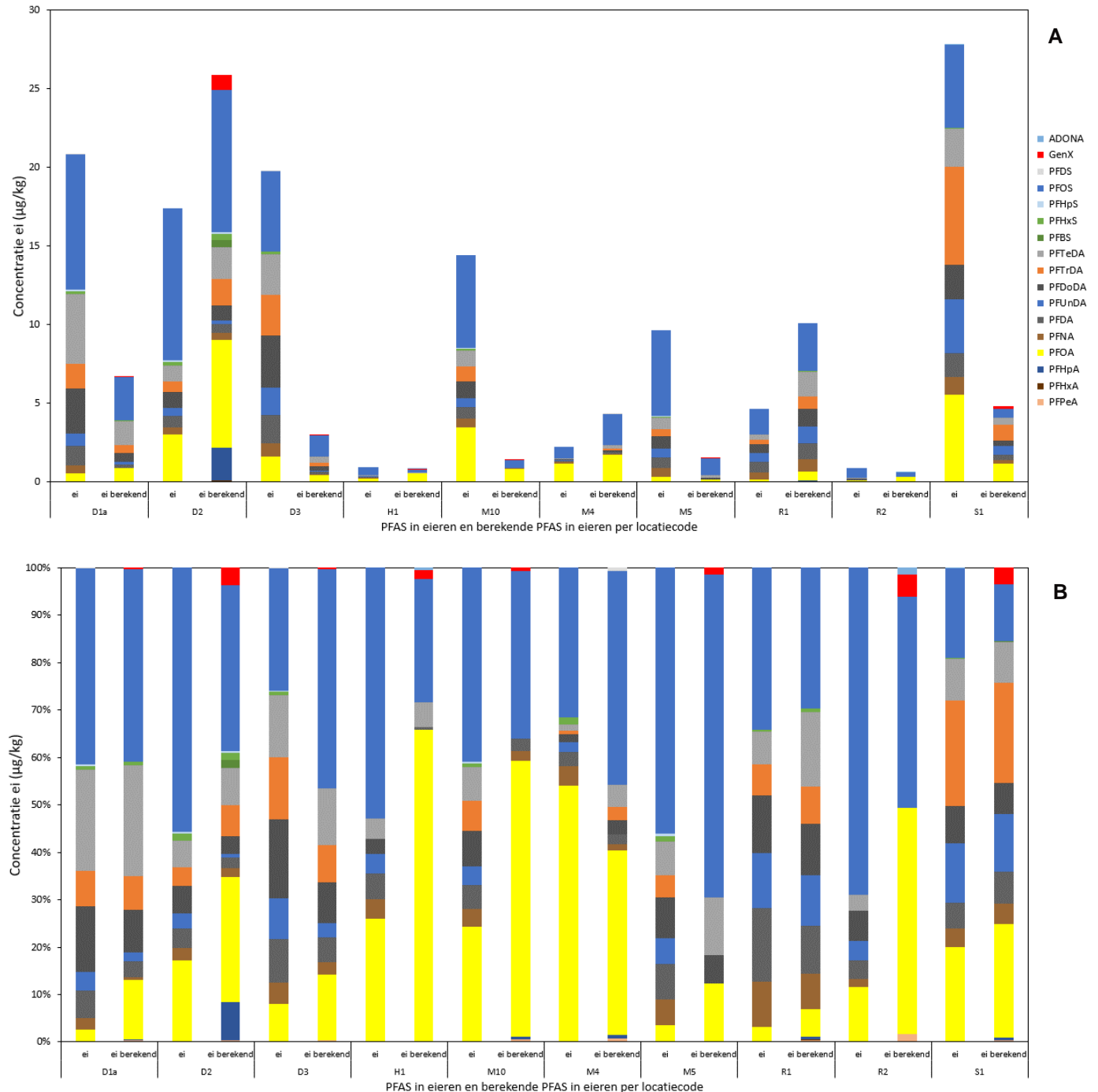
Hierbij moet opgemerkt worden dat er behoorlijke variaties kunnen zitten in deze aannames en dat deze variaties rechtstreeks invloed kunnen hebben op de berekende concentratie in de eieren. Zo is bijvoorbeeld de legfrequentie van de eieren in oktober, pas in april/mei besproken met de eigenaren van de kippen, en is het dus een grove schatting geweest. Als de kippen twee eieren in de week legden in plaats van 1 ei in de week (per kip), kan dit dus een factor 0,5 schelen in de berekende concentratie. Daarnaast was de monsternamen van de diverse matrices niet op hetzelfde moment (er is bemonsterd in oktober (fase 1), eind februari/begin maart (fase 2 behalve wormen) en begin mei (wormen fase 2), en scharrelen de kippen veelal op grote oppervlakten, waarbij het niet duidelijk is waar de grond of de wormen vandaan komen die ze binnenkrijgen. Ook is de hoeveelheid grond die ze binnenkrijgen niet bekend en kan het wisselen per kip en per locatie. De hoeveelheid wormen kan ook variëren. Deze is nu geschat op 2 gram/dag maar in de literatuur komen ook hoeveelheden van 5 gram/dag voor. De transferfactoren die gebruikt zijn komen uit de literatuur, en ook daar zit variatie in.



Figuur 10. Aannames in berekeningen inname PFAS.

Ook indien de monsternames helemaal op elkaar afgestemd zouden worden is het onder natuurlijke omstandigheden niet eenvoudig om de massabalans sluitend te krijgen. Desalniettemin is deze doorrekening gedaan, met name om na te gaan of de gemeten PFAS concentraties in de eieren verklaard kunnen worden via deze routes.

De resultaten hiervan zijn hieronder in Figuur 11 weergegeven in vergelijking met de concentraties in de eieren (uit fase 1). Hierbij is 'ei' de gemeten concentratie, en 'ei berekend' de doorgekende concentratie vanuit grond+worm. De inname via water en voer is niet meegenomen omdat dat niet of nauwelijks bijdraagt. Om een goede vergelijking te kunnen maken zijn in de onderstaande grafiek alleen de PFAS meegenomen die in alle analyseronden zijn geanalyseerd. In het bovenste figuur, Figuur 11A, zijn de gemeten waarden weergegeven, in Figuur 11B de percentuele bijdrage van de verschillende PFAS aan het totaal.



Figuur 11. Geanalyseerde en berekende PFAS concentraties per locatie. Met in A (bovenste figuur) de gemeten concentraties in en B (onderste figuur) de 'PFAS Fingerprint'.

In Figuur 11A is te zien dat op basis van de berekende waarden voor een deel van de locaties de hoeveelheid PFAS in eieren verklaard kan worden uit de resultaten van wormen+grond. Dit komt voornamelijk door de concentraties in wormen (zie concentraties in Figuur 9). Voor drie locaties is de berekende hoeveelheid PFAS in eieren meer dan de

gemeten hoeveelheid in eieren. Voor de andere locaties is dit niet het geval. Eerder in het rapport is aangegeven, dat er een grote spreiding kan ontstaan door de variatie in de aannames. De gemeten en verwachte concentraties in de eieren zijn duidelijk in dezelfde ordegrootte, ofwel dit is een sterke aanwijzing dat wormen een belangrijke bron van PFAS (kunnen) zijn.

In Figuur 11B is te zien dat de opbouw met soorten PFAS per locatie vaak vergelijkbaar is tussen 'ei' en 'ei verwacht'. In vier gevallen is de fingerprint van de PFAS anders in de eieren en de berekende concentratie, dit betreft H1, M10, M5 en R2. Bij H1, M5 en R2 zijn de gevonden concentraties in de wormen vrij laag, waardoor mogelijk PFAS onder de detectiegrens aanwezig zijn (en dus niet zichtbaar in de fingerprint). Bij M10 is dit niet het geval en komen de resultaten niet overeen. In algemene zin geldt dat de berekende bijdrage van PFOA aan het totaal aan PFAS aanzienlijk hoger is dan de daadwerkelijk gemeten bijdrage. Dit zou kunnen komen doordat de accumulatiefactor van PFOA in kippen (en dus in eieren) in de praktijk lager is dan in de literatuur is aangegeven.

Op basis van de resultaten van zowel de totale hoeveelheid als de verdeling van de soorten PFAS kan worden afgeleid dat een groot aandeel van de aangetoonde PFAS wel degelijk afkomstig is van de geanalyseerde matrices, en dan voornamelijk van de wormen.

4.6 Nadere evaluatie verzamelde informatie per locatie

De bovenstaande resultaten geven aan dat de bijdrage van grond en wormen significant is voor de PFAS concentraties in eieren, maar de resultaten zijn nog steeds ver uiteenlopend. Er is verschil per locatie of de 'ei verwacht' een over- of onderschatting is van de aangetoonde gehalten in de eieren.

Doorgaans zijn gegevens uit literatuur gebaseerd op gecontroleerde, en reproduceerbare omstandigheden. Binnen dit onderzoek is dat niet het geval: alle onderzoekslocaties verschillen van elkaar. Ook wordt het onderzoek gedaan met levende dieren, waardoor concentraties nooit volledig één op één te vergelijken zijn.

Daarom is gekeken of per locatie een aanvullende verklaring kon worden gegeven voor de afwijkingen. De meest voor de hand liggende verklaringen zijn hieronder opgesomd. Om privacy van de eigenaren te garanderen, is dit niet per locatie uitgesplitst.

Tabel 7. Mogelijke verklaringen voor de afwijkingen.

Factor	Beschrijving	Involed
Tijd	De uitvoering van dit onderzoek heeft door het werken in verschillende fases een halfjaar gekost. De eerste grondmonsters en eieren zijn eind 2023 genomen, de wormenmonsters pas halverwege 2024. Er kunnen in de tussentijd veranderingen in concentratie hebben opgetreden door tal van factoren, zoals seizoensinvloeden, grondbewerking, verandering in voer (2 locaties), verplaatsen van ren (1 locatie) etc.	Hoog
Legfrequentie	In de eerste fase is geconcludeerd dat de legfrequentie mogelijk invloed heeft op de concentraties in eieren. Daarom is in de tweede fase de legfrequentie ten tijde van de eerste bemonstering uitgevraagd. Het is mogelijk dat dit niet meer helemaal terug te halen was. Ook kan het dat bijvoorbeeld één van de kippen veel eieren legt, en een andere geen/weinig, waardoor een gemiddelde legfrequentie is genomen terwijl dit mogelijk niet van toepassing is.	Hoog
Hoeveelheid wormen	Het is onbekend hoeveel wormen een kip eet per dag. Er zijn wel gegevens bekend vanuit de literatuur, maar dit is vaak niet gebaseerd op de situatie in Nederland (andere (kleine) wormen, andere kippen). Daarnaast zal dit per leefsituatie ook verschillen.	Hoog
Betegeling ren	Eieren van locaties waar de ren verhard is en ten gevolge hiervan niet in de grond gepikt kan worden, lijken over het algemeen lagere PFAS concentraties in eieren te hebben dan op basis van berekeningen wordt verwacht. Dit is echter alleen het geval wanneer de kippen niet vrij de ren uit kunnen.	Hoog
Ruimte en verblijftijd buiten de ren	Wanneer kippen gedurende een groot deel van de dag naar buiten de ren kunnen en dus meer ruimte hebben om in de grond te pikken, zijn concentraties over het algemeen hoger, waarschijnlijk omdat ze meer wormen kunnen pikken.	Hoog
Transferfactoren	Transferfactoren zijn ingeschat op basis van literatuur. Uit de data wordt duidelijk dat met name PFOA in hogere gehalten wordt verwacht dan dat dit daadwerkelijk in de eieren wordt gemeten voorkomt. Mogelijk is de transferfactor hier toch lager dan op basis van de literatuur is ingeschat.	Hoog
Leeftijd/ras kippen	De rassen en leeftijd van kippen op de onderzochte locaties zijn erg uiteenlopend. Bekend is dat jonge kippen (<1 jaar) over het algemeen meer PFAS hebben en dus	Onbekend

Factor	Beschrijving	Invloed
	via het ei uitscheiden, omdat ze nog maar net beginnen met eieren leggen én nog niet in de rui zijn geweest, en dus nog weinig mogelijkheden hebben gehad om PFAS uit te scheiden via deze routes.	
Verskil tussen kippen op één locatie	Ook bij één locatie kunnen leeftijd, ras, grootte, plaats in de pikorde of andere factoren tussen de kippen onderling verschillen. Dit kan betekenen dat de PFAS concentraties ook per ei kunnen verschillen. Dit hebben wij echter niet gezien in de monsters die zijn genomen tot nu toe: concentraties van de verschillende monsters van één locatie waren vergelijkbaar.	Onbekend
Hardheid grond	Bij één enkele locatie werd middels de vragenlijst aangegeven dat de grond vrij hard is (door bijvoorbeeld erop lopen), waardoor de wormen mogelijk lastig te bereiken zijn. Bij deze locatie zijn concentraties in de worm en grond relatief hoog vergeleken met die in de eieren. Op deze locatie is geen andere verklaring te vinden, dus wordt dit gezien als een mogelijke verklaring.	Onbekend

4.7 Bioaccumulatie in wormen

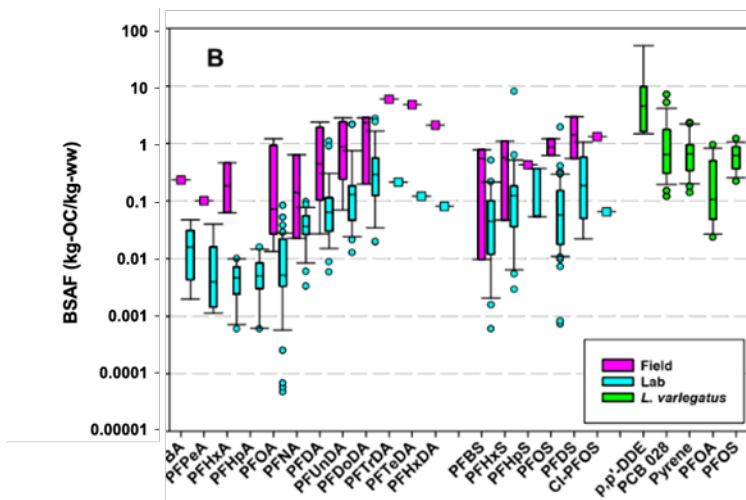
Uit bovenstaande gegevens wordt duidelijk dat de directe inname van grond (zonder de wormen) de gemeten concentraties in de eieren niet verklaren. Indirect is dit wel het geval (PFAS in grond, via wormen), de verwachting is dat de inname van wormen een grote rol speelt bij de ophoping van PFAS in eieren. Wat hierbij ook bijzonder is, is dat de concentraties PFOS en langketenige PFAS in de grond niet bijzonder hoog zijn²⁶, en dat deze stoffen wel in hoge concentraties in de eieren worden gemeten. Dit kan worden verklaard door de zogenaamde bioaccumulatie: de ophoping van stoffen (in dit geval PFAS) in organismen. Dit treedt met name bij PFOS en de meer langketenige PFAS op.

In de literatuur (Bijlage D) is nagezocht wat er bekend is over bioaccumulatie van PFAS in wormen en de verschillen tussen de verschillende PFAS. Hieruit blijkt dat over het algemeen langketenige PFCA's en PFSA's meer bioaccumuleren dan die met korte ketens. Er is sprake van bioaccumulatie van de grond naar de worm, de worm wordt gegeten en vervolgens scheidt de kip de PFAS weer uit via de eieren en/of via de ontlasting. Hierbij komen PFOS en de langketenige PFAS terecht in het ei. PFOA en kortere ketens komen deels in het ei en deels in de ontlasting terecht.

Door deze verschillende factoren (bioaccumulatie, uitscheiding) kan het zijn dat PFAS die in hogere gehalten in de grond voorkomen, toch niet in het ei terechtkomen, en andersom.

Bioaccumulatiefactoren worden bepaald door de concentratie in het organisme (in dit geval de worm) te delen door de concentratie in het voedsel (in dit geval de grond). Bioaccumulatiefactoren van de grond naar de worm zijn bepaald in verschillende studies en samengevat in een review artikel (Burkhard and Votava, 2022). Hierbij zijn de waarden gevonden bij veldstudies anders dan bij laboratoriumstudies. Dit is visueel weergegeven in onderstaand figuur, waarbij de veldstudies paars zijn en de laboratoriumstudies lichtblauw. Er zijn ook onderzoeken met een ander type worm uitgevoerd, die zijn weergegeven in groen (en hier niet relevant).

²⁶ De p95 van de gemeten concentraties PFOS in grond is in dit onderzoek 1,9 µg/kg. Dit is iets hoger dan de achtergrondconcentraties PFOS in Nederland (van 1,4 µg/kg d.s.), en is normaal voor stedelijk gebied.



Figuur 12. Bioaccumulatiefactoren van grond naar worm uit de literatuur (uitgedrukt in concentratie PFAS in worm (natgewicht) gedeeld door concentratie PFAS per kg organisch koolstof (droge stof). Uit: Burkhard and Votava, 2022.

Voor veldstudies zijn de verzamelde bioaccumulatiefactoren gebaseerd op slechts enkele studies, maar de gemeten bioaccumulatiefactoren liggen over het algemeen hoger dan bij labstudies. Ook komt hier het verschil in kort- en langketenige PFAS goed naar voren.

De bioaccumulatiefactoren in de worm lijken niet bijzonder hoog te zijn, de hoogste waarden liggen tussen 1 en 10. Dit geeft echter een vertekend beeld, doordat het uitgedrukt is per kg organisch koolstof, en niet per kg bodem.

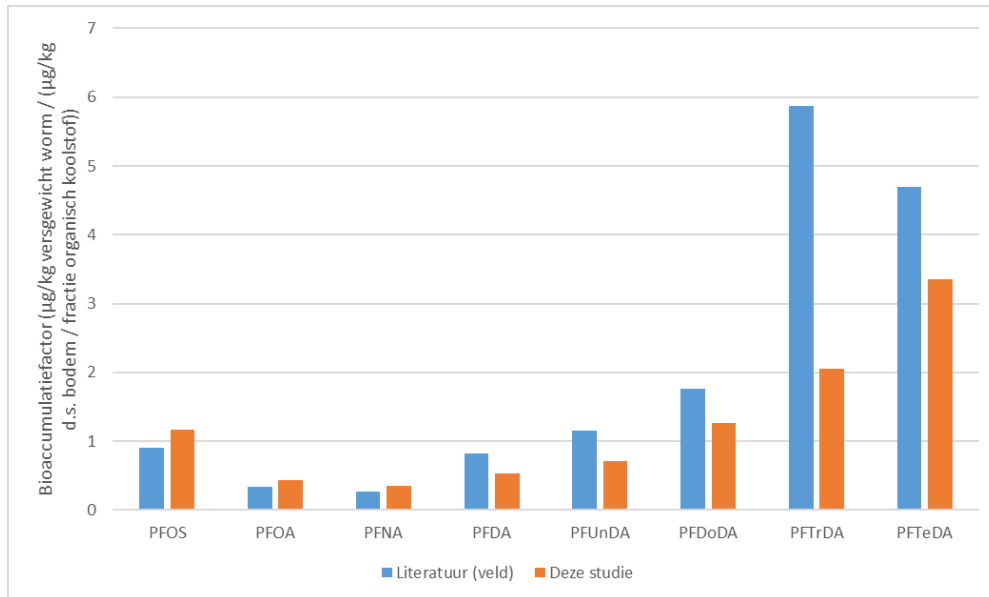
Aan de hand van de beschikbare data van de tien nader onderzochte locaties (zie ook Figuur 9) zijn de bioaccumulatiefactoren grond naar worm berekend. Deze zijn weergegeven in Tabel 8. Hierbij zijn alleen de PFAS weergegeven die meerdere keren in de worm worden gemeten. In de eerste kolom is de bioaccumulatiefactor weergegeven in $\mu\text{g}/\text{kg}$ in de worm ten opzichte van $\mu\text{g}/\text{kg}$ in de grond. Van (een deel van) de grondmonsters is ook het percentage organische stof gemeten. Hierdoor konden de bioaccumulatiefactoren ook uitgedrukt worden per kg organisch koolstof en vergeleken met de waarde uit de literatuur (gemiddelde waarde van de veldstudies).

Tabel 8. Bioaccumulatiefactoren grond naar worm in deze studie en uit literatuur.

PFAS	Berekend in deze studie $\mu\text{g}/\text{kg}$ worm (versgewicht) / $\mu\text{g}/\text{kg}$ grond (ds)	Berekend in deze studie $\mu\text{g}/\text{kg}$ worm (versgewicht) / $\mu\text{g}/\text{kg}$ organisch koolstof (ds)	Uit literatuur $\mu\text{g}/\text{kg}$ worm (versgewicht) / $\mu\text{g}/\text{kg}$ organisch koolstof (ds)
PFOS	21	1,2	0,90
PFHxA	16	0,44	0,34
PFOA	9	0,35	0,27
PFNA	6	0,53	0,82
PFDA	9	0,50	1,6
PFUnDA	12	0,72	1,2
PFDoDA	21	1,3	1,8
PFTeDA	37	2,1	5,9
PFTeDA	58	3,4	4,7

Uit de tabel blijkt dat voor de verschillende PFAS, wanneer direct gekeken wordt naar een bioaccumulatiefactor tussen grond en wormen, een factor 6 (PFNA) tot 58 (PFTeDA) is berekend. De factor voor PFOS is 21. Dit betekent dat een concentratie PFOS van $2 \mu\text{g}/\text{kg}$ in de bodem, kan leiden tot een concentratie van ongeveer $40 \mu\text{g}/\text{kg}$ in de worm. Wanneer een kip vervolgens 2 gram worm eet, wat in een ei van 50 gram belandt, komt dit overeen met $1,6 \mu\text{g}/\text{kg}$ PFOS in een ei. Dit is boven de maximum limiet van de EU.

Daarnaast valt op dat de waarden gemeten in deze studie van dezelfde orde grootte zijn als de waarden uit de literatuur. Dit is in onderstaand figuur visueel weergegeven door alleen de bioaccumulatiefactoren op basis van organisch koolstof te vergelijken. Voor de langste PFAS worden in deze studie lagere waarden gemeten dan in de literatuur. Voor PFTrDA en PFTeDA kan dit komen doordat de waarden uit de literatuur slechts gebaseerd zijn op 1 studie. Wel wordt duidelijk dat hoe langer de PFAS is, hoe hoger de bioaccumulatie in de wormen. Dit verklaart waarom juist de langketenige PFAS zoals PFOS, en de langketenige PFCA's in de wormen worden gemeten, en daardoor ook in de eieren terecht komen.



Figuur 13. Bioaccumulatiefactoren gemeten in deze studie vergeleken met waarden uit de literatuur.

4.8 Samenvatting en kennishiaten

Op basis van de bekende gegevens is geconcludeerd dat met name PFAS in wormen, en in mindere mate grond, bijdragen aan de aangetoonde hoge concentraties PFAS in eieren. Er zijn behoorlijke verschillen tussen de verwachte concentraties in eieren op basis van de indicatieve berekeningen en de daadwerkelijk aangetoonde concentraties. Binnen dit onderzoek zijn er uiteenlopende (mogelijke) redenen gevonden om dit te verklaren. Er zijn op dit moment te veel onzekerheden om dit te kwantificeren. Op dit moment ligt de grootste onzekerheid in de aannames die zijn gedaan over de hoeveelheden die gegeten worden en uitscheiding van PFAS, de tijd die tussen de monsternamen van de eieren en de monsternamen van de wormen zit en de bioaccumulatie van de verschillende PFAS. Daarnaast is de rol van precursors en een eventuele bijdrage van spray tegen bloedluizen niet bekend.

5 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Arcadis heeft, in samenwerking met Tritium Advies B.V., WFSR en RIVM, een onderzoek uitgevoerd naar PFAS in eieren van kippen van particuliere kippenhouders in de regio Zuid-Holland Zuid en gemeente Altena. Aanleiding hiervoor waren vragen die naar voren kwamen uit het eerder uitgevoerde moestuinonderzoek. Voor het onderzoek zijn bij 31 locaties eieren geraapt en grondmonsters genomen. Tien locaties zijn vervolgens nader onderzocht.

Voor het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- Hoeveel PFAS bevatten kippeneieren?
- Zijn eieren van particulieren in het gebied rond de fabriek van Chemours een belangrijke blootstellingsroute voor de inname van PFAS?
- Is er een relatie tussen de uitstoot van PFOA door Chemours en het PFAS-gehalte in eieren?
- Wat zijn de mogelijke bronnen van PFAS in eieren van hobbykippen?

De antwoorden hierop worden hieronder nader besproken.

PFAS in eieren

In de omgeving rondom Chemours komen verhoogde waarden PFAS voor in het milieu, dit betreft voornamelijk PFOA en GenX vanwege de uitstoot hiervan door Chemours in het verleden. PFOA is van deze twee stoffen de verbinding die in de hoogste concentraties voorkomt in de omgeving, en er werd verwacht dat in de eieren hoge concentraties PFOA zouden worden gevonden. Dit is ook het geval, in de eieren worden hoge concentraties PFOA gevonden, maar PFOA maakt gemiddeld slechts 21% uit van de PFAS die in de eieren gevonden zijn. Naast PFOA zijn ook hoge concentraties PFOS, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA en PFTeDA gevonden. Van de verschillende gevonden PFAS is PFOS de dominante PFAS. Deze wordt in de omgeving enkel in achtergrondgehalten gevonden.

De gemeten concentraties variëren significant tussen de verschillende locaties, maar zijn over het algemeen hoog in relatie tot bijvoorbeeld grond of moestuingroenten. De afstand tot Chemours is hierbij niet de meest belangrijke factor voor de totale PFAS-concentratie in eieren, in alle gemeenten die bemonsterd zijn komen hoge concentraties PFAS voor in de eieren, ook in de referentiegemeente met lage gehalten aan PFOA in de grond (Hoeksche Waard).

De PFAS-concentraties lijken hierbij gerelateerd te zijn aan de legfrequentie van de kippen: hoe minder eieren een kip legt, hoe hoger de PFAS-concentraties in het ei.

De resultaten van PFAS in eieren zijn gebruikt voor de risico-inschatting en hiermee ook voor het antwoord op de vraag of de eieren van particulieren in het gebied rond de fabriek van Chemours een belangrijke blootstellingsroute zijn voor de inname van PFAS. Deze risico-inschatting is uitgevoerd door RIVM en gerapporteerd in het rapport 2024-0051 (zie voetnoot 18). Het antwoord op de vraag is dat inname van PFAS via eieren (van hobbykippen) inderdaad een belangrijke blootstellingsroute is, en dat de consumptie van deze eieren wordt afgeraden. De concentraties PFAS in eieren uit de winkel zijn ongeveer 7 tot 1000 keer lager.

Op basis van de verschillende PFAS die in de eieren worden gevonden, en zoals ook weergegeven in voorgaande hoofdstukken blijkt echter dat dit niet alleen rond Chemours het geval is, maar ook het geval kan zijn bij hobbykippen in de rest van Nederland omdat er meer typen PFAS zijn gevonden dan alleen PFOA, ondanks dat deze andere PFAS in de grond niet voorkomen in opvallend hoge gehalten. Er is aangekondigd dat dit op landelijk niveau nader onderzocht gaat worden²⁷.

Onderzoek naar de bron van PFAS in eieren

Uit de eerste fase van het onderzoek bleek dat de bron van PFAS in eieren niet een directe inname via de grond was. Daarom is nader onderzoek uitgevoerd naar de bron. Hiertoe heeft een uitgebreide bemonstering plaatsgevonden van diverse soorten voer, water uit de drinkbak, grond rond de voerbak, bodembedekking, meelwormen, vitamines, medicijnen en wormen uit de tuin.

Uit de resultaten bleek dat er geen aanvullende bronnen van PFAS konden worden gevonden in voer, water, meelwormen, vitamines en anti-worm. In de bodem rond de voerbak zijn wel PFAS gevonden, maar vergelijkbaar met

²⁷ <https://www.rivm.nl/nieuws/rivm-handhaaft-advies-eet-geen-particuliere-eieren-in-regio-zuid-holland-zuid-en-gemeente#:~:text=Het%20RIVM%20blijft%20adviseren%20om,31%20locaties%20in%20deze%20regio.>

wat al bekend was van de locaties. Aan de hand van de resultaten van het voer is daarnaast de kans klein dat bijvoorbeeld de verpakkingen van het voer een relevante bron zijn.

Ook voor de bodembedekking is de kans klein dat dit een belangrijke bron van PFAS is. Er is vooral bodembedekking aangetroffen van zaagsel en stro. Er is geen bodembedekking aangetroffen van gerecycled papier, wat mogelijk een bron zou kunnen zijn.

Als laatste stap zijn de wormen van de tien geselecteerde locaties geanalyseerd. Dit blijkt wel een significante bron van PFAS te zijn. Of dit de enige bron is, is nog niet duidelijk, maar de gemeten concentraties in de wormen kunnen het grootste deel van de hoeveelheid PFAS in eieren verklaren. Bovendien komt de verdeling van de PFAS (PFAS fingerprint) doorgerekend vanuit de worm naar het ei voor meerdere locaties overeen met de verdeling van de PFAS in het ei.

Uit het onderzoek naar de bron wordt daarom ook geconcludeerd dat wormen een belangrijke bron zijn. Dit betekent ook dat de grond indirect een belangrijke bron is, via bioaccumulatie van PFAS door wormen. Omdat er in de grond slechts lage waarden PFOS en langketenige PFCA's worden gemeten, betekent dit dat deze PFAS bij lage concentraties in de bodem al sterk verhoogd in de eieren kunnen worden gemeten. Deze PFAS blijken sterk te bioaccumuleren.

PFOA wordt in de omgeving van Dordrecht in verhoogde waarden in het milieu gemeten door uitstoot van PFOA (en GenX) in het verleden. PFOA wordt ook in de eieren gevonden, maar in mindere mate dan vooraf gedacht, de andere PFAS zijn dominant in de eieren. PFOA wordt minder sterk opgenomen in de eieren. Desalniettemin zijn ook de concentraties PFOA in de eieren te hoog.

Aanbevelingen

De conclusie dat de PFAS zoals PFOS en de langketenige PFCA's in de bodem in lage concentraties worden gevonden en dat er bioaccumulatie optreedt via wormen naar eieren geeft aan dat ook bij lage concentraties in de bodem dit een significante blootstellingsroute voor de mens kan zijn. In Nederland (en in de rest van de wereld) is er een achtergrondconcentratie PFAS in de bodem aanwezig door jarenlange (niet natuurlijke) uitstoot van PFAS door allerlei processen. Dit kan overal tot verhoogde concentraties PFAS in de eieren leiden.

Bovendien zijn er hoge concentraties PFAS gevonden in wormen, en wormen vormen een belangrijke basis van de voeding van verschillende dieren, zoals vogels (bijvoorbeeld merels en grutto's) en zoogdieren (in het bijzonder egels, muizen, mollen en dassen). Er wordt daarom aanbevolen om te evalueren of de voedselketen beter in kaart moet worden gebracht en of de risico's voor mens en milieu nader in moeten worden ingeschat.

Op landelijk niveau wordt de komende tijd een nader onderzoek uitgevoerd naar PFAS in eieren (zie voetnoot 27). Hierbij wordt aanbevolen om de monsternamen van de eieren en de diverse matrices op hetzelfde tijdstip uit te voeren om de resultaten beter aan elkaar te kunnen relateren.

Beide aanbevelingen zullen worden besproken met het RIVM.

Bijlage A Afkortingen- en begrippenlijst

Afktorting	Uitleg
µg/kg (ds)	microgram per kilogram (droge stof)
ADONA*	4,8-dioxa-3H-perfluoronaanzuur
HFPO-DA*	FRD902/903, ook wel GenX genoemd.
cm-mv	Centimeter minus maaiveld.
PFAS	P oly- en p er F luoro A lky S toffen
PFCA	Perfluorcarbonszuren
PFSA	Perfluorsulfonzuren
PFBA*	Perfluorbutaanzuur
PFBS*	Perfluorbutaansulfonzuur
PFDA*	Perfluordecaanzuur
PFDoA/PFDoDA*	Perfluordodecaanzuur
PFDS*	Perfluordecaansulfonzuur
PFHpA*	Perfluorheptaanzuur
PFHxA*	Perfluorhexaanzuur
PFHxS*	Perfluorhexaansulfonzuur
PFNA*	Perfluoronaanzuur
PFOA*	Perfluorocataanzuur
PFODA*	Perfluorocatadecanaanzuur
PFOS*	Perfluorocataansulfonzuur
PFPeA/PFPA*	Perfluorpentaanzuur
PFTDA/PFTTrDA*	Perfluortridecaanzuur
PFTeDA*	Perfluortetradecanaanzuur
PFUnA/PFUnDA*	Perfluoronedecanaanzuur
Risicogrenswaarde	Concentraties in het milieu waarboven effecten op mens of milieu kunnen optreden. Risicogrenswaarden kunnen gebruikt worden voor de onderbouwingen van normen. Pas als de waarden van een risicogrenswaarde in wet- en regelgeving is opgenomen spreken we van normen.
RIVM	Rijksinstituut van Volksgezondheid en Milieu
WFSR	Wageningen Food Safety Research

* In analysepakket WFSR

Bijlage B Referentielijst rapporten Tritium

- 2309121BU-APL versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-APV versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-DHA versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-DHB versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-DHG versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-DLB versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-HBD versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-HKW versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-HRD versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-LVV versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MAA versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MAV versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MDW versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MGB versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MKB versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MKE versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MKO versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MKW versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MNE versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MWE versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-MZD versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-PKB versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-PKE versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-PTO versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-PWS versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-REK versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-RMH versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-RSB versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-SBA versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-SHV versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.
- 2309121BU-SPW versie 0 PFAS onderzoek eieren Dordrecht e.o.

Bijlage C Resultaten analyses PFAS per analysemonster

Eieren (fase 1)

Grond, voer en water en één wormmonster (fase 2)

Wormen (fase 2)

				Gehalte in µg/kg droge stof (grond) of µg/L (water) of µg/kg (overig) volgens methode A1114 (Q)																			
SAMPLE_ID	PRODUCT	LOCATIE	DATUM ONTV. NO444 DRY MATTE	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTrDA	PFTeDA	PFBuS	PFHxS	PFHpS	PFOS	PFDS	GenX	DONA	OPMERKING:	
200698719	water	D2	29/02/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	0,00072	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	kraanwater met vitamines barcode A00402431183 en A00402431198
200698722	water	R2	29/02/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	0,00079	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	water binnen barcode A00402431188 en A00402431182
200698723	water	R2	29/02/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	0,00063	<0.00050	<0.00050	water buiten barcode A00402431195 en A00402431189
200698729	water	D3	29/02/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	drinkwater met vitamines barcode A00402431184 en A00402431181
200698733	water	S1	29/02/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	water (kraan) barcode A00402431204 en A00402431174
200698740	water	D1a	29/02/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	0,00055	<0.00050	0,00075	<0.00050	<0.00050	water (regen) barcode A00402431203 en A00402431186
200698744	water	H1	29/02/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	0,0011	<0.00050	<0.00050	water (kraan) barcode A00402431221 en A00402431210
200699217	water	M4	08/03/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	Kraanwater, A0042431216 en A0042431207
200699219	water	M5	08/03/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	<0.0050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	Leidingwater A00402421191 en A00402431199
200699229	water	M5	08/03/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	<0.0050	<0.0020	<0.0050	<0.0020	<0.0010	<0.00050	<0.00050	<0.0010	<0.0020	0,0057	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	A00402431185; aangemaakt op WFSR 16 ml/liter water (monster 200699219)
200698718	grond	D2	29/02/2024	Droge stof 75.6 %	n.t.b.	<0.13	<0.13	<0.13	1,9	<0.13	0,15	<0.066	<0.13	<0.066	<0.066	<0.066	<0.066	0,71	<0.066	0,13	<0.066	<0.066	grond barcode A00402431206
200698724	grond	R2	29/02/2024	Droge stof 75.7 %	n.t.b.	<0.13	<0.13	<0.13	1,2	<0.13	<0.066	<0.066	<0.13	<0.066	<0.066	<0.066	<0.066	0,16	<0.066	0,13	<0.066	0,089	grond barcode A00402431196
200698725	grond	R2	29/02/2024	Droge stof 64.0 %	n.t.b.	<0.16	<0.16	<0.16	0,46	<0.16	<0.078	<0.078	<0.16	<0.078	<0.078	<0.078	<0.078	<0.078	<0.16	<0.078	0,16	<0.078	grond barcode A00402431175
200698730	grond	D3	29/02/2024	Droge stof 74.6 %	n.t.b.	0,14	<0.13	<0.13	0,31	<0.13	0,12	0,066	<0.13	<0.067	<0.067	<0.067	<0.067	0,24	<0.067	0,13	<0.067	0,13	grond barcode A00402431205
200698732	grond	S1	29/02/2024	Droge stof 72.2 %	n.t.b.	0,18	<0.14	0,14	2,3	0,58	1,0	0,79	0,42	0,30	0,23	<0.069	<0.069	<0.069	0,74	<0.069	0,34	<0.069	grond barcode A00402431187
200698735	grond	M10	29/02/2024	Droge stof 76.1 %	n.t.b.	<0.16	<0.13	<0.13	2,1	0,17	0,22	0,084	<0.13	<0.066	<0.066	<0.066	<0.066	2,7	<0.066	0,13	<0.066	0,13	grond barcode A00402431177
200698736	grond	M10	29/02/2024	Droge stof 92.3 %	n.t.b.	<0.11	<0.11	<0.11	<0.054	<0.11	<0.054	<0.054	<0.11	<0.054	<0.054	<0.054	<0.054	<0.11	<0.054	0,11	<0.054	0,11	grond barcode A00402431212
200698738	grond	D1a	29/02/2024	Droge stof 77.0 %	n.t.b.	<0.13	<0.13	<0.13	0,67	<0.13	0,10	<0.065	<0.13	<0.065	<0.065	<0.065	<0.065	0,50	<0.065	0,13	<0.065	0,13	grond barcode A00402431194
200698739	grond	D1a	29/02/2024	Droge stof 76.2 %	n.t.b.	<0.13	<0.13	<0.13	0,12	<0.13	0,073	<0.066	<0.13	<0.066	0,070	<0.066	<0.066	0,30	<0.066	0,13	<0.066	0,13	grond barcode A00402431180
200698742	grond	H1	29/02/2024	Droge stof 73.4 %	n.t.b.	<0.14	<0.15	<0.15	3,4	<0.15	0,066	<0.068	<0.15	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068	0,46	<0.068	0,14	0,080	grond barcode A00402431211	
200698743	grond	H1	29/02/2024	Droge stof 68.9 %	n.t.b.	<0.15	<0.15	<0.15	6,8	<0.15	<0.073	<0.073	<0.15	<0.073	<0.073	<0.073	<0.073	<0.15	<0.073	0,15	<0.073	0,15	grond barcode A00402431202
200699218	grond	M5	08/03/2024	Droge stof 74.9 %	n.t.b.	<0.13	<0.13	<0.13	0,13	<0.13	<0.067	<0.067	<0.13	<0.067	<0.067	<0.067	<0.067	0,22	<0.067	0,13	<0.067	0,13	grond A00402431214
200698766	overig	D2	29/02/2024	-	n.t.b.	n.t.b.	9,9	15	41	1,5	1,4	0,71	3,4	6,1	7,2	3,1	2,0	0,40	28	<0.025	6,6	<0.10	wormen met grond, batch 98984879. A00402431190

n.t.b. betekent niet te bepalen met de huidige methode
 <conc betekent <LOQ.

De gerapporteerde resultaten zijn resultaten van analyses volgens SOP A1114 en hebben uitsluitend betrekking op het ontvangen, links geïdentificeerde monster.
 Informatie over de toegepaste meetmethode(n) en de met het gerapporteerde resultaat samenhangende meetonzekerheid kan bij Wageningen Food Safety Research worden opgevraagd.
 Elke wijziging van de inhoud van deze file is voor de verantwoordelijkheid van degene die de wijziging doorvoert.

"Alle resultaten zijn verkregen met een analysemethode welke valt onder de door de Raad voor Accreditatie aan het WFSR verleende accreditatie met registratienummer L014 voor testen."



- PFBA = Perfluorobutanoic acid
- PFPeA = perfluoropentanoic acid
- PFHxA = perfluorohexanoic acid
- PFHpA = perfluoroheptanoic acid
- PFOA = perfluoro-octanoic acid
- PFNA = perfluorononanoic acid
- PFDA = perfluorodecanoic acid
- PFUnDA = perfluoroundecanoic acid
- PFDoDA = perfluorododecanoic acid
- PFTrDA = Perfluorotridecanoic acid
- PFTeDA = Perfluorotetradecanoic acid
- PFBuS = perfluorobutanesulfonate (Potassium perfluoro-1-butanedisulfonate)
- PFHxS = perfluorohexanesulfonate (Sodium perfluoro-1-hexanesulfonate)
- PFHpS = perfluoroheptanesulfonate (Sodium perfluoro-1-heptanesulfonate)
- PFOS = perfluoro-octanesulfonate (Sodium perfluoro-1-octanesulfonate)
- PFDS = perfluorodecane sulfonate (Sodium perfluoro-1-decane sulfonate)
- GenX = Ammonium perfluoro-2-methyl-3-oxahexanoate (= also HFPO-DA)
- DONA = Ammonium 4,8-dioxo-3H-perfluorononanoate

Gehalte in µg/kg droge stof (12% vocht) volgens een niet-gevalideerde methode

SAMPLE_ID	PRODUCT	LOCATIE	DATUM ONT	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTTrDA	PFTeDA	PFBuS	PFHxS	PFHpS	PFOS	PFDS	GenX	DONA	OPMERKING:
200698716	voer	D2	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.058	<0.10	<0.024	<0.048	n.t.b.	<0.054	n.t.b.	n.t.b.	<0.072	<0.010	<0.054	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	granen mix met brood, 645 gram
200698720	voer	R2	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.057	<0.10	<0.024	<0.047	n.t.b.	<0.053	n.t.b.	n.t.b.	<0.071	<0.010	<0.053	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	granenmix, 625 gram
200698721	voer	R2	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.057	<0.10	<0.024	<0.047	n.t.b.	<0.053	n.t.b.	n.t.b.	<0.072	<0.010	<0.053	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	legkorrels, 826 gram
200698726	voer	D3	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.058	<0.10	<0.025	<0.048	n.t.b.	<0.054	n.t.b.	n.t.b.	<0.073	<0.010	<0.054	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	oude legkorrels, 391 gram
200698727	voer	D3	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.14	<0.056	<0.10	<0.024	<0.047	n.t.b.	<0.052	n.t.b.	n.t.b.	<0.070	<0.010	<0.052	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	legkorrel, 614 gram
200698728	voer	D3	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.058	<0.10	<0.025	<0.048	n.t.b.	<0.054	n.t.b.	n.t.b.	<0.073	<0.010	<0.054	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	granenmix, 740 gram
200698731	voer	S1	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.057	<0.10	<0.024	<0.047	n.t.b.	<0.053	n.t.b.	n.t.b.	<0.071	<0.010	<0.053	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	legbrokken, 1039 gram
200698734	voer	M10	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.14	<0.056	<0.10	<0.024	<0.046	n.t.b.	<0.052	n.t.b.	n.t.b.	<0.070	<0.010	<0.052	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	granenmix biologisch, 629 gram
200698737	voer	D1a	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.058	<0.10	<0.024	<0.048	n.t.b.	<0.054	n.t.b.	n.t.b.	<0.072	<0.010	<0.054	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	granen mix, 441 gram
200698741	voer	H1	29/02/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.058	<0.10	<0.024	<0.048	n.t.b.	<0.054	n.t.b.	n.t.b.	<0.072	<0.010	<0.054	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	legkorrels, 1104 gram
200699211	voer	D2	08/03/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.057	<0.10	<0.024	<0.047	n.t.b.	<0.053	n.t.b.	n.t.b.	<0.071	<0.010	<0.053	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	granenmix
200699212	voer	M4	08/03/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.057	<0.10	<0.024	<0.047	n.t.b.	<0.053	n.t.b.	n.t.b.	<0.071	<0.010	<0.053	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	Granen mix 827 gram
200699214	voer	M4	08/03/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.057	<0.10	<0.024	<0.047	n.t.b.	<0.053	n.t.b.	n.t.b.	<0.071	<0.010	<0.053	<0.010	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	nieuw voer 377 gram
200699215	voer	M5	08/03/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.16	<0.061	<0.11	<0.026	<0.051	n.t.b.	<0.057	n.t.b.	n.t.b.	<0.076	<0.011	<0.057	<0.011	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	legkorrel 753 gram
200699216	voer	M5	08/03/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.15	<0.060	<0.11	<0.025	<0.050	n.t.b.	<0.056	n.t.b.	n.t.b.	<0.075	<0.011	<0.056	<0.011	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	voer uit voerbak (deels vorig type voer)

n.t.b. betekent niet te bepalen met de huidige methode
<conc betekent <LOQ.

De gerapporteerde resultaten zijn resultaten van analyses volgens een niet-gevalideerde methode en hebben uitsluitend betrekking op het ontvangen, links geïdentificeerde monster. Informatie over de toegepaste meetmethode(n) en de met het gerapporteerde resultaat samenhangende meetonzekerheid kan bij Wageningen Food Safety Research worden opgevraagd. Elke wijziging van de inhoud van deze file is voor de verantwoordelijkheid van degene die de wijziging doorvoert.

- PFBA = Perfluorobutanoic acid
- PFPeA = perfluoropentanoic acid
- PFHxA = perfluorohexanoic acid
- PFHpA = perfluoroheptanoic acid
- PFOA = perfluoro-octanoic acid
- PFNA = perfluorononanoic acid
- PFDA = perfluorodecanoic acid
- PFUnDA = perfluoroundecanoic acid
- PFDoDA = perfluorododecanoic acid
- PFTTrDA = Perfluorotridecanoic acid
- PFTeDA = Perfluorotetradecanoic acid
- PFBuS = perfluorobutanesulfonate (Potassium perfluoro-1-butanesulfonate)
- PFHxS = perfluorohexanesulfonate (Sodium perfluoro-1-hexanesulfonate)
- PFHpS = perfluoroheptanesulfonate (Sodium perfluoro-1-heptanesulfonate)
- PFOS = perfluoro-octanesulfonate (Sodium perfluoro-1-octanesulfonate)
- PFDS = perfluorodecanesulfonate (Sodium perfluoro-1-decanesulfonate)
- GenX = Ammonium perfluoro-2-methyl-3oxahexanoate (= also HFPO-DA)
- DONA = Ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoate

Gehalte in µg/kg volgens methode IV-A1114-28

SAMPLE_ID	INZENDER	PRODUCT	LOCATIE	DATUM ONTVANGST	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTriDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	PFHpS	PFOS	PFDS	GenX	DONA
200701619	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 55 stuks	H1	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.80	n.t.b.	2,7	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	0,99	<0.80	<0.80	<0.80	4,5	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701620	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 26 stuks	H1	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.80	n.t.b.	4,7	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	1,2	<0.80	<0.80	<0.80	2,6	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701621	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 51 stuks	R2	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.80	n.t.b.	4,9	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	2,8	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701622	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 50 stuks	R2	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.80	n.t.b.	2,2	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	2,3	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701623	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 81 stuks	M10	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.80	n.t.b.	6,5	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	3,1	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701624	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 34 stuks	M4	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	1,0	n.t.b.	8,6	<0.80	0,83	<0.80	2,1	1,9	3,1	<0.80	<0.80	<0.80	22	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701625	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 50 stuks	M5	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.80	n.t.b.	1,2	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	0,9	<0.80	<0.80	<0.80	3,1	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701626	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 50 stuks	M5	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.80	n.t.b.	2,6	<0.80	<0.80	<0.80	1,3	<0.80	1,8	<0.80	<0.80	<0.80	9,3	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701627	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 34 stuks	S1	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	1,0	n.t.b.	22	1,5	2,8	4,9	4,6	13	8,4	<0.80	<0.80	<0.80	7,8	<0.80	0,94	n.t.b.
200701628	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 49 stuks	S1	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	2,0	n.t.b.	52	3,3	5,7	18	7,8	35	11	1,4	<0.80	<0.80	12	<0.80	11	n.t.b.
200701629	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 52 stuks	D1a	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	1,2	n.t.b.	8,3	<0.80	1,4	0,97	5,2	3,0	14	<0.80	<0.80	<0.80	18	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701630	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 50 stuks	D1a	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	2,3	n.t.b.	9,1	<0.80	1,2	0,83	3,2	3,8	8,0	<0.80	1,1	<0.80	15	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701631	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 50 stuks	D3	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	<0.80	n.t.b.	8,3	1,1	1,9	1,7	4,6	5,0	6,3	<0.80	<0.80	<0.80	23	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701632	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 60 stuks	D3	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	0,81	n.t.b.	4,4	<0.80	<0.80	<0.80	0,97	<0.80	1,5	<0.80	<0.80	<0.80	3,5	<0.80	<0.80	n.t.b.
200701633	GEMEENTE DORDRECHT	Wormen 5 stuks	R1	03/05/2024	n.t.b.	n.t.b.	1,5	n.t.b.	8,3	4,4	7,7	9,8	11	8,7	17	<0.80	1,0	<0.80	29	<0.80	<0.80	n.t.b.

n.t.b. betekent niet te bepalen met de huidige methode
<conc betekent <LOQ

De gerapporteerde resultaten zijn resultaten van analyses volgens SOP A1114 en hebben uitsluitend betrekking op het ontvangen, links geïdentificeerde monster.
Informatie over de toegepaste meetmethode(n) en de met het gerapporteerde resultaat samenhangende meetonzekerheid kan bij Wageningen Food Safety Research worden opgevraagd.
Elke wijziging van de inhoud van deze file is voor de verantwoordelijkheid van degene die de wijziging doorvoert.

PFBA = Perfluorobutanoic acid
PFPeA = perfluoropentanoic acid
PFHxA = perfluorohexanoic acid
PFHpA = perfluoroheptanoic acid
PFOA = perfluoro-octanoic acid
PFNA = perfluorononanoic acid
PFDA = perfluorodecanoic acid
PFUnDA = perfluoroundecanoic acid
PFDoDA = perfluorododecanoic acid
PFTriDA = Perfluorotridecanoic acid
PFTeDA = Perfluorotetradecanoic acid
PFBS = perfluorobutanesulfonate (Potassium perfluoro-1-butanesulfonate)
PFHxS = perfluorohexanesulfonate (Sodium perfluoro-1-hexanesulfonate)
PFHpS = perfluoroheptanesulfonate (Sodium perfluoro-1-heptanesulfonate)
PFOS = perfluoro-octanesulfonate (Sodium perfluoro-1-octanesulfonate)
PFDS = perfluorodecanesulfonate (Sodium perfluoro-1-decanesulfonate)
GenX = Ammonium perfluoro-2-methyl-3-oxahexanoate (= also HFPO-DA)
DONA = Ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoate

Bijlage D Literatuuronderzoek

Literatuurstudie PFAS in eieren

Tijdens het onderzoek zijn diverse artikelen en onderzoeksrapporten bestudeerd om antwoord te krijgen op de volgende vragen:

- Wat is er in de literatuur bekend over PFAS in eieren van hobbykippen en commercieel gehouden kippen?
- Wat zijn mogelijke bronnen van PFAS in kippeneieren, anders dan grond?
- Wat is er bekend over bioaccumulatie van PFAS in kippen, eieren en wormen?

De informatie uit het literatuuronderzoek wordt hieronder opgesomd.

PFAS in eieren van hobbykippen en commercieel geproduceerde eieren

Er is een aantal literatuurreferenties van PFAS in eieren bekend. De meeste literatuurreferenties betreffen commerciële eieren van kippen, of van kippen in de buurt van fluorchemische fabrieken die in het verleden PFOS hebben uitgestoten.

Uit studies blijkt dat in eieren van hobbykippen verschillende PFAS verhoogd voorkomen, terwijl in commerciële eieren concentraties vaak onder de LOD/LOQ liggen (Chiumiento et al., 2023; Ghelli et al., 2019; Mikolajczyk et al., 2022; Zafeiraki et al., 2016).

Het onderzoek van Zafeiraki et al. (2016) is 1 van de weinige onderzoeken die PFAS in eieren van hobbykippen op onverdachte locaties hebben gemeten, ze hebben 11 verschillende PFAS onderzocht in eieren van hobbykippen en commerciële kippeneieren. De PFAS werden vaak aangetroffen in de eieren van hobbykippen, terwijl deze in commerciële eieren niet werden gemeten. Dit is onafhankelijk van het soort commerciële ei, dus hetzelfde geldt voor eieren afkomstig uit biologisch gehouden kippen, vrije uitloopkippen en legbatterijen (zie ook Tabel 1).

Zafeiraki et al. (2016) hebben ook een literatuuronderzoek gedaan naar de aanwezigheid van PFAS in commerciële eieren. De onderzochte studies bevestigen het beeld dat PFAS-gehalten in commerciële eieren laag zijn en de meeste PFAS onder de LOD voorkomen (LOD = limit of detection/quantification; detectielimiet).

Tabel 1. Aantal geanalyseerde eieren en aantal eieren waarin PFAS zijn aangetoond, per soort ei, in Nederland en Griekenland (Zafeiraki et al., 2016).

Land	Soort ei	Aantal geanalyseerde eieren	Aantal eieren met PFAS ^a
Griekenland	Ei van hobbykip	45	34
	Commercieel		
	Biologisch	8	0
	Vrije uitloop	11	1
	Legbatterij	12	0
Nederland	Ei van hobbykip	73	59
	Commercieel		
	Biologisch	6	0
	Vrije uitloop	8	1
	Legbatterij	8	0

^a één of meer PFAS gevonden boven de LOD (0.5 ng/g)

Ghelli et al. (2019), Mikolajczyk et al. (2022) en Chiumiento et al. (2023) hebben de PFAS-concentraties in verschillende soorten houderijsystemen onderzocht (respectievelijk in Italië, Polen en Italië). Uit hun onderzoeken kwam ook naar voren dat PFAS-concentraties altijd rondom de detectielimiet lagen (LOD was 0,1-0,2 ng/g) en geen significante verschillen kunnen worden gevonden tussen biologische houderijen, volières, legbatterijen en scharrelkippen.

Conclusies

- PFAS komen vaker voor in eieren van hobbykippen dan in commerciële eieren. Dit kan worden verklaard door de verschillen in leefsituatie en voer van de hennen.
- Er zijn geen verschillen gevonden in PFAS gehalten tussen verschillende houderijsystemen van commerciële eieren: de meeste PFAS concentraties zijn in alle gevallen onder de LOD.

In de literatuur worden verschillende mogelijke oorzaken opgenoemd:

- Het intensieve contact van hobbykippen met de buitenomgeving kan resulteren in een hogere inname van (PFAS-houdende) grond en wormen en/of insecten.
- Vanwege de strenge controles op PCDD/Fs (dioxinen en furanen) en PCBs (polychloorbifenylen) in commerciële eieren, wordt hier vaker grondverzet gedaan (dit kan de PFAS concentratie in de bodem verminderen). Uit Lasters et al. (2024) blijkt ook dat bodemmanagement invloed heeft op PFAS concentraties in bodem;
- Commercieel gehouden kippen krijgen vaak een overschot aan voer, waardoor ze niet op zoek hoeven te gaan naar andere voedselbronnen, zoals wormen en insecten (dat kan een bron van PFAS zijn).
- Hobbykippen krijgen vaak naast het reguliere voer restjes eten (groenten, brood), gemaaid gras en onkruid (wat mogelijk PFAS bevat).

PFAS concentraties in eieren van hobbykippen

In verschillende studies zijn de PFAS-concentraties in eieren van hobbykippen onderzocht. Het grootste deel van de studies zijn uitgevoerd nabij fluorochemische fabrieken. De gegevens hiervan zijn opgenomen in onderstaande tabel. De onderzoeken zijn niet altijd 1 op 1 vergelijkbaar, daarom zijn in onderstaande tabel zowel het gemiddelde (bovenste deel van de tabel) als de mediaan (onderste deel van de tabel) weergegeven, op deze manier kunnen zo veel mogelijk referenties tegelijk vergeleken worden.

Ter vergelijking zijn daarbij ook de concentraties gevonden in het huidige onderzoek opgenomen.

Tabel 2. PFAS concentratie in hobbykippen eieren - literatuur en analyses huidige studie.

Land	Afstand fluorchem. Bedrijf (km) Indien van toepassing	PFBS	PFPeA	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFOA	PFOS	PFNA	PFDA	PFDS	PFUnDA	PFDoDA	PFTDA	PFTeDA
Gemiddelde (ng/g ww)															
<i>Wang et al., 2008</i>															
China	-	<LOD	n.v.t.	<LOD	<LOD	<LOD	0.03	52.2	0.05	0.07	n.v.t.	0.16	0.04	n.v.t.	n.v.t.
<i>Tahziz et al., 2020</i>															
Malaysia	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	<LOD	0.32	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Lasters et al., 2022</i>															
België	0-2	<LOD	<LOD	<LOD	3.40	n.v.t.	0.78	39.0	0.30	0.53	<LOD	0.70	0.55	<LOD	<LOD
	2-4	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	n.v.t.	0.57	6.50	0.27	0.66	<LOD	0.78	0.57	<LOD	<LOD
	4-10	<LOD	<LOD	<LOD	3.60	n.v.t.	0.57	4.40	0.27	0.52	<LOD	0.77	0.57	<LOD	<LOD
<i>Lasters et al., 2023</i>															
België	<25	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1.84	32.1	0.22	0.53	n.v.t.	0.39	3.07	1.54	6.42
<i>Lasters et al., 2024</i>															
België_2010	<4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	2.47	528	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	>4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.28	5.76	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
België_2018	<4	<LOD	<LOD	<LOD	3.40	<LOD	0.60	5.75	0.07	0.38	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
	>4	<LOD	<LOD	<LOD	3.60	<LOD	0.56	3.55	0.09	0.31	<LOD	<LOD	0.17	<LOD	<LOD
België_2019	<4	0.25	<LOD	0.16	0.54	0.05	0.99	50.7	0.35	0.78	0.58	0.73	1.36	1.32	8.67
	>4	<LOD	0.03	0.13	<LOD	0.04	3.98	8.07	0.20	0.57	<LOD	0.53	1.75	0.58	3.86
België_2021	<4	0.81	<LOD	<LOD	0.60	<LOD	0.25	20.1	<LOD	<LOD	1.26	<LOD	1.98	1.16	1.43
	>4	0.11	0.03	<LOD	<LOD	<LOD	0.24	3.32	0.10	0.30	<LOD	<LOD	2.24	1.08	1.82
België_2022	<4	0.09	<LOD	0.65	0.21	<LOD	0.76	39.4	0.30	1.01	<LOD	0.43	4.50	3.67	6.80
	>4	<LOD	0.12	0.32	<LOD	<LOD	0.44	8.78	0.17	0.72	<LOD	0.39	1.86	2.15	4.61
Huidige analyses 2023															
Nederland	Ca. 0,5 - 10	<LOD	<LOD	<LOD	0.05	<LOD	1.01	2.76	0.24	0.37	0.00	0.36	0.49	0.52	0.56
Mediaan (ng/g ww)															
<i>Wang et al., 2008</i>															
China	-	<LOD	n.v.t.	<LOD	<LOD	<LOD	0.03	46.1	0.00	0.01	n.v.t.	0.04	0.00	n.v.t.	n.v.t.
<i>Zafeiraki et al., 2016</i>															
Griekenland	-	<LOD	n.v.t.	<LOD	<LOD	<LOD	0.50	1.10	0.80	0.90	n.v.t.	0.70	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Nederland	-	<LOD	n.v.t.	<LOD	1.10	<LOD	1.10	3.50	0.90	0.90	n.v.t.	0.90	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Tahziz et al., 2020</i>															

Land	Afstand fluorchem. Bedrijf (km) <i>Indien van toepassing</i>	PFBS	PFPeA	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFOA	PFOS	PFNA	PFDA	PFDS	PFUnDA	PFDoDA	PFTriDA	PFTeDA
Malaysia	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	<LOD	<LOD	<LOD	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Gazzotti et al., 2021															
Italië	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.49	n.v.t.	0.62	1.29	0.46	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Lasters et al., 2022															
België	0-2	<LOD	<LOD	<LOD	3.40	n.v.t.	0.64	11.0	0.29	0.55	<LOD	0.70	0.52	<LOD	<LOD
	2-4	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	n.v.t.	0.54	3.50	0.21	0.51	<LOD	0.66	0.40	<LOD	<LOD
	4-10	<LOD	<LOD	<LOD	3.60	n.v.t.	0.53	3.30	0.28	0.48	<LOD	0.87	0.47	<LOD	<LOD
Huidige analyses 2023															
Nederland	Ca. 0,5 - 10	<LOD	<LOD	<LOD	0.04	<LOD	0.54	2.00	0.13	0.22	<LOD	0.13	0.21	0.08	0.24

Opname van PFAS in eieren

Het is uit verschillende studies naar voren gekomen dat PFAS voornamelijk ophopen in het eigeel van een kippenei, en niet in het eiwit (Bao et al., 2019; Wang et al., 2008; Wilson et al., 2021; Zafeiraki et al., 2016). Bao et al. (2019) geven aan dat PFCA's (perfluorcarbonzuren) en PFSA's (perfluorsulfonzuren) mogelijk meer in eigeel ophopen dan PFAS met korte ketens. Er wordt weinig aandacht gegeven aan bioaccumulatie van verschillende PFAS in kippeneieren. De focus van de studies ligt op de mogelijke blootstelling en risico's voor de mensen (Gazzotti et al., 2021; Ghelli et al., 2019; Noorlander et al., 2011; Wang et al., 2008; Zafeiraki et al., 2016).

Voor dit literatuuronderzoek zijn de data van verschillende studies (D'Hollander et al., 2011; Gazzotti et al., 2021; Lasters et al., 2024; Lasters et al., 2022; Lasters et al., 2023; Su et al., 2017; Tahziz et al., 2020; Wang et al., 2010; Wang et al., 2008; Zafeiraki et al., 2016) op een rij gezet om informatie over PFAS in eieren te verzamelen en vergelijken (zie ook Tabel 3). Hieruit blijkt dat van alle PFAS, PFOS het meest voorkomt in eieren en ook in de hoogste concentraties. PFBA, PFHxS, PFDoDA, PFTrDA, and PFTeDA worden ook vaak aangetoond en in relatief hoge concentraties, maar in mindere mate dan PFOS.

PFOS en PFBA zijn ook de PFAS die het meest voorkomen in commerciële eieren (in verschillende landen – België, Tsjechië, Italië, Noorwegen, Polen en Nederland) (Hlouskova et al., 2013; Mikolajczyk et al., 2022; Nobile et al., 2023; Noorlander et al., 2011). In het huidige onderzoek kon PFBA niet gemeten worden vanwege te veel achtergrondruis.

Wilson et al. (2021) onderzochten het verband tussen opname van PFAS in kippen via drinkwater, en PFAS concentraties in eieren. Hierbij zijn PFOS, PFHxS, PFOA en PFHxA toegediend in de concentraties 0, 0.3, 3, 30, and 300 µg/L. Ook werd gekeken naar de PFAS-concentraties in de eieren in de dertig dagen nadat de kippen waren blootgesteld via het drinkwater. Voor PFOS, PFHxS en PFOA werd een lineair verband gevonden tussen concentraties in het water en concentraties in de eieren. PFHxA kon alleen gedetecteerd worden in de eieren wanneer de concentratie in het water 300 µg/l was. De concentraties PFHxA waren dan ook duidelijk lager dan de andere PFAS.

PFOS, PFHxS en PFOA concentraties in de eieren namen toe totdat de hennen 24-30 dagen aan de PFAS waren blootgesteld, hierna bleven deze nagenoeg gelijk. Bij een stabiele situatie kan een transferfactor van de inname naar het ei worden bepaald. Hierbij zijn de volgende transferfactoren van hen naar ei gevonden: PFOS (1,1) > PFHxS (0,7) > PFOA (0,5) >> PFHxA (0,005).

Wanneer de blootstelling aan PFAS wordt gestopt kunnen eliminatiehalfwaardetijden¹ worden bepaald. Hierbij zijn de volgende eliminatiehalfwaardetijden van PFAS via het ei gevonden: PFOS (3,5 d) < PFOA (5,4 d) < PFHxS (7 d).

Kowalczyk et al. (2020) onderzochten de transferfactors en halfwaardetijden van PFAS van voer naar ei. Deze transferfactors waren vergelijkbaar met die van bovenstaande studie, namelijk voor PFOS 0,99 en voor PFOA 0,49. De volgende eliminatiehalfwaardetijden¹ kwamen uit deze studie naar voren: PFBS (2,4 d) < PFOS (4,3 d) ≈ PFOA (4,5 d) ≈ PFHpS (4,6 d) << PFHxS (7,6 d). Daarnaast wordt in deze studie nog genoemd dat PFAS precursors die voorkomen in het voer, snel kunnen worden omgezet in een hen, waardoor uiteindelijk hogere concentraties PFAS in de eieren kunnen voorkomen dan in het voer wordt gemeten.

Granby et al. (2024) hebben ook een studie uitgevoerd naar transferfactors van voer naar ei. Zij hebben de volgende transferfactors gevonden: PFOA (1,1) < PFNA (1,4) ≈ PFHxS (1,6) ≈ PFDeDA (1,8) < PFDoDA (2,2) ≈ PFOS (2,26) ≈ PFUnDA (2,3) ≈ PFTrDA (2,5). Deze transferfactoren zijn echter uitgedrukt in ng/g in ei ten opzichte van ng/g in voer. Wanneer hierbij rekening wordt gehouden met het gewicht van het ei, zijn de waarden vergelijkbaar met de waarden gevonden door anderen (Kowalczyk et al. (2020); Wilson et al. (2021)).

Lasters et al. (2022) hebben in hun studie een verband gevonden tussen leeftijd van leghennen en PFAS concentraties in de eieren. Eieren van jonge kippen bevatten significant hogere PFOA concentraties. Een verklaring

¹Eliminatiehalfwaardetijden: snelheid waarmee concentratie van een stof (in dit geval PFAS) in eieren gedaald nadat de blootstelling van de hen aan PFAS was gestopt.

die wordt gegeven is dat jonge kippen door maternale transfer PFAS nog meer PFAS in zich hebben. Daarnaast hebben jonge kippen nog minder kans gehad om PFAS uit te scheiden middels het leggen van eieren of de rui.

Conclusies:

- PFAS accumuleren in het eigeel;
- PFOS en PFBA zijn de meest gevonden PFAS in eieren (van hobbykippen en commercieel gehouden kippen).
- De verschillen in transferfactoren en bioaccumulatie in een kip beïnvloeden de PFAS-concentraties van verschillende PFAS in eieren.
- De meeste studies focussen op blootstelling en risico's van PFAS in kippeneieren en niet op de bron van PFAS of de bioaccumulatie.

Mogelijke routes van PFAS naar eieren van hobbykippen

Hoewel bioaccumulatie en bronnen van PFAS niet de focus zijn van de meeste studies, kan er op basis van verschillende gegevens toch één en ander in beeld worden gebracht over mogelijke routes waarop PFAS in eieren terecht kunnen komen.

1. Voeding

Uit eerder onderzoek in Denemarken komt naar voren dat PFAS, en met name PFOS, in kippenvoer met vismeel voorkomt (Granby et al., 2024). De 'PFAS-fingerprint', de verhouding waarin soorten PFAS voorkomen, van dit kippenvoer is vergelijkbaar met wat er in de eieren wordt aangetroffen. Daarnaast wordt rekening gehouden met de reeds hierboven genoemde transferfactoren. Hiermee kunnen de verschillen in verhoudingen PFAS tussen voer en eieren worden verklaard.

Kowalczyk et al. (2020) hebben ook een studie uitgevoerd naar de transfer van PFAS van voer naar eieren, zie hierboven.

Hobbykippen krijgen naast reguliere voeding vaak ook restjes eten en andere dingen die uit de tuin komen. Lasters et al. (2022) vonden in hun studie dat vergeleken met eieren van commerciële houderijen, eieren van kippen die veel restjes kregen hogere PFOS- en PFOA-gehalten hadden. Dit bevestigt de hypothese van Zafeiraki et al. (2016) dat dit een mogelijke bron is. Bovendien wordt in het onderzoek van Lasters et al. (2023) geconcludeerd dat de concentraties PFBA in groenten uit eigen teelt een significante correlatie hadden met de concentratie in eieren van kippen die deze groenten aten. De groenten uit eigen teelt uit de moestuinen in de regio Dordrecht bevatten echter voornamelijk PFOA en GenX en weinig PFOS en langketenige PFCA's (Van Bentum and Pancras, 2023).

2. Grond

Er zijn verschillende studies naar de relatie tussen PFAS in grond en PFAS in eieren uitgevoerd. Deze studies zijn hieronder beschreven:

Brambilla et al. (2015) hebben de transfer van PFOS in grond naar eieren in verontreinigde gebieden gemodelleerd. Zij concludeerden dat PFOS in de bodem meer dan 80% van de PFOS in de eieren kon verklaren.

Lasters et al. (2023) hebben de transfer van verschillende PFAA's (perfluoralkylzuren, hieronder vallen PFCA's en PFSA's) van grond naar eieren gemodelleerd. Zij concludeerden dat blootstelling via grond in hoge mate bijdraagt aan de totale gehalten PFAA's in eieren, namelijk 16-55%. Daarnaast geven ze aan dat de hoeveelheid organische koolstof en klei gerelateerd zijn met respectievelijk lagere en hogere concentraties in eieren, voor de meeste PFAA's.

D'Hollander et al. (2011) vonden een significant positief verband tussen de PFOS concentraties in eieren van hobbykippen en grond bij 29 verschillende locaties, met verschillende afstanden van een fluorochemische fabriek.

In 2024 vergeleken Lasters et al. (2024) de concentraties van verschillende PFAS in moestuingrond, grond in de kippenrennen en eieren van hobbykippen dichtbij (<4 km) en verder weg (>4 km) van een fluorochemische fabriek. In de moestuingrond werden hoge concentraties 6:2 FTS en FBSA aangetoond, terwijl de eindproducten van deze

stoffen (PFBS als eindproduct voor FBSA en een mix van C4-C6 PFCA's voor 6:2 FTS) meer voorkwamen in de grond in de kippenrennen en de eieren. Zij concludeerden dan PFAS precursors in de kippen kunnen worden omgezet tot eindproducten. In diezelfde studies zijn hogere concentraties PFBS en PFOS aangetroffen in de grond van de kippenrennen en de eieren. In de eieren zijn C9-C14 PFCA's en veel PFSA's (voornamelijk PFOS) aangetoond. Uit deze resultaten kan opgemaakt worden dat blootstelling aan PFAS via de grond in kippenrennen een belangrijke route is voor opname van PFAS in eieren. Wel dient te worden opgemerkt dat de kippeneieren en de grond in de kippenrennen op verschillende manieren geclusterd waren, en dat ook andere factoren PFAS concentraties en de PFAS fingerprint kunnen beïnvloeden. Mogelijke factoren zijn:

- Verschillen in transferfactoren en bioaccumulatie van de verschillende PFAS
- Andere bronnen van PFAS (zoals water, lucht, voer, wormen etc.)

Bao et al. (2019) hebben voor drie tuinen van woningen concentraties in grond en eieren onderzocht (12 monsters in totaal). Zij vonden geen statistisch significante relatie ($p > 0.05$) tussen PFAS concentraties in grond en PFAS concentraties in eieren.

3. Water

D'Hollander et al. (2011) hebben in hun studie gezocht naar een correlatie tussen de PFOS concentratie in eieren van hobbykippen en het drinkwater van de kippen, op 29 locaties. Een relatie hiertussen kon alleen worden gevonden wanneer het per type water (regenwater of kraanwater) werd ingedeeld. In dit geval was er een positieve relatie tussen het PFOS gehalte in drinkwater en het PFOS gehalte in eieren. Voor regenwater was deze relatie sterker dan voor kraanwater.

Zoals hierboven reeds beschreven, hebben Wilson et al. (2021) laten zien dat PFAS uit drinkwater in eieren terecht kan komen. Verschillende PFAS hebben verschillende transferfactoren en zullen dus ook in andere verhoudingen in het ei voorkomen.

Geconcludeerd kan worden dat blootstelling via drinkwater ook één van de blootstellingsroutes van PFAS naar eieren kan zijn.

4. Andere middelen

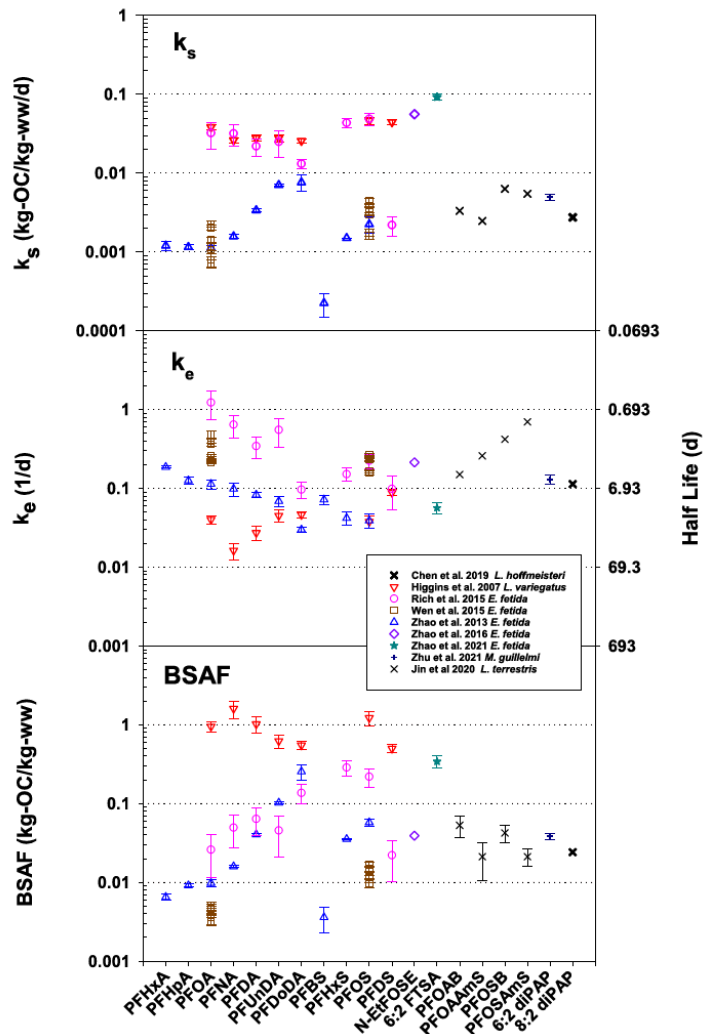
Soms krijgen kippen ook andere materialen voorgezet. Indien van toepassing is dit ook meegenomen als mogelijke route van het binnenkrijgen van PFAS.

4.1. Regenwormen

PFAS in regenwormen is in verschillende studies onderzocht (Burkhard and Votava, 2022; Heimstad et al., 2024; Lasters et al., 2023). Kippen eten vaak regenwormen die ze vinden in de bodem. Dit kan, volgens Zafeiraki et al. (2016), een belangrijke route zijn voor accumulatie van PFAS in kippeneieren.

Lasters et al. (2023) zagen een significante positieve relatie van PFOS in regenwormen (volwassen en jong) en PFOS in eieren. Voor PFOA vonden ze een significante positieve relatie tussen gehalten in een volwassen worm en gehalten in eieren.

Burkhard and Votava (2022) vonden in hun literatuurstudie gegevens over bioaccumulatie van PFAS in wormen. Zij vonden van verschillende PFAS opnamesnelheid, uitscheidingsnelheid en bioaccumulatiefactoren van PFAS in wormen gebaseerd op de PFAS gehalten in grond. Ze vonden grote verschillen tussen studies in het veld en in het laboratorium en verklaren dit doordat er maar een beperkte hoeveelheid veldstudies is uitgevoerd ($n < 5$). De resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in Figuur 1.



Figuur 1. Opnamesnelheid (K_s), uitscheidingsnelheid (K_e) en biota-grond accumulatiefactor (BSAF) voor PFAS in regenwormen uit verschillende studies (Screenshot uit Burkhard & Votova, 2022).

Heimstad et al. (2024) hebben acht jaar lang een monitoring uitgevoerd naar PFAS in dieren van verschillende trofische niveaus in één ecosysteem. Hieronder vielen ook regenwormen en eieren van kramsvogels (die voornamelijk wormen eten). In zowel de regenwormen als eieren werden PFAS aangetroffen, waarbij de gemiddelde concentraties in wormen boven de Europese en Canadese normen voor voedsel van wilde vogels en roofdieren lagen. In wormen en eieren kwamen dezelfde PFAS voor, maar wel in verschillende verhoudingen.

4.2. Bodembedekking

Materiaal voor bodembedekking kan de gezondheid, veiligheid en voedselveiligheid van kippen beïnvloeden. Recentelijk is de interesse in alternatieve bodembedekking toegenomen omdat de vraag naar en de kosten voor reguliere bodembedekking gestegen zijn. Het risico van het gebruik van deze alternatieve materialen voor het fokken en houden van leghennen is vaak onbekend. Er zijn verschillende recente studies bekend waaruit blijkt dat eieren door middel van bodembedekking zijn verontreinigd met organische verbindingen (Gerber et al., 2020).

Eén van deze stoffengroepen is PFAS. Deze kunnen ook aanwezig zijn in bodembedekkingsmateriaal. Fernandes et al. (2019) hebben de aanwezigheid van PFAS in de volgende bodembedekkingsmaterialen onderzocht: papier- en kartonsnippers, ontinkte papierpulp, gedroogd ontinkt papierslib en gerecyclede houtsnippers. De som PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS van deze materialen zijn 15, 16 en 6,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ww, respectievelijk. In het controle materiaal,

onbehandeld hout, is de som PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS 6,3 µg/kg ww. Volgens de auteurs van het artikel bewijzen de resultaten transfer van de som PFAS, voornamelijk PFOS, van karton en gedroogd papierpulp naar eieren.

4.3. Overig

Naast bovenstaande gegevens zijn er mogelijke bronnen van PFAS waarover minder gegevens bekend zijn: verpakkingen van voer, medicijnen, kippengrit en luchtdepositie.

Verpakkingen van (huisdieren)voer is ook een mogelijke bron van blootstelling van dieren aan PFAS. Er is echter nog meer onderzoek nodig om dit goed in beeld te krijgen (Brake et al., 2023). Chinthakindi et al. (2021) analyseerden negen PFCA's (C4-C12) en vier PFSA's (C4-C10) in 37 voerverpakkingen, inclusief TOP (Total Oxidisable Precursors) analyse. PFSA concentraties bleven onder de detectielimieten, maar PFCA's werden wel gedetecteerd in de verpakking (som PFCA's = 1,99 and 11,0 ng/g voor en na TOP analyse, respectievelijk). Volgens de auteurs kunnen de hoge PFCA concentraties na de TOP analyse de aanwezigheid van PFAA precursors in de verpakkingen aantonen. De Environmental Working Group onderzocht de aanwezigheid van PFAS in voedsel voor huisdieren verpakking (twee verpakkingen voor hondenvoer en twee voor kattenvoer) (Evans and Lacey, 2022). PFAS werden gedetecteerd in alle vier verpakking in concentraties van 1,7 tot 245 ng/g.

Er zijn geen literatuurgegevens gevonden over dierlijke medicijnen, maar bij mensen is bekend dat PFAS voor kunnen komen in bepaalde medicijnen.

Over PFAS in kippengrit is ook geen literatuur gevonden. Er wordt niet verwacht dat in kippengrit PFAS aanwezig is op basis van het type materiaal (gruis en schelpen).

5. Literatuur

- Bao, J., Yu, W.J., Liu, Y., Wang, X., Jin, Y.H. and Dong, G.H. 2019. Perfluoroalkyl substances in groundwater and home-produced vegetables and eggs around a fluorochemical industrial park in China. *Ecotoxicol Environ Saf* 171, 199-205.
- Brake, H.D., Langfeldt, A., Kaneene, J.B. and Wilkins, M.J. 2023. Current per- and polyfluoroalkyl substance (PFAS) research points to a growing threat in animals. *J Am Vet Med Assoc* 261(7), 952-958.
- Brambilla, G., D'Hollander, W., Oliaei, F., Stahl, T. and Weber, R. 2015. Pathways and factors for food safety and food security at PFOS contaminated sites within a problem based learning approach. *Chemosphere* 129, 192-202.
- Burkhard, L.P. and Votava, L.K. 2022. Review of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) bioaccumulation in earthworms. *Environ Adv* 11, 1-10.
- Chinthakindi, S., Zhu, H. and Kannan, K. 2021. An exploratory analysis of poly- and per-fluoroalkyl substances in pet food packaging from the United States. *Environmental Technology & Innovation* 21, 101247.
- Chiumiento, F., Bellocci, M., Ceci, R., D'Antonio, S., De Benedictis, A., Leva, M., Pirito, L., Rosato, R., Scarpone, R., Scortichini, G., Tammaro, G. and Diletti, G. 2023. A new method for determining PFASs by UHPLC-HRMS (Q-Orbitrap): Application to PFAS analysis of organic and conventional eggs sold in Italy. *Food Chem* 401, 134135.
- D'Hollander, W., de Voogt, P. and Bervoets, L. 2011. Accumulation of perfluorinated chemicals in belgian home-produced chicken eggs. *Organohalogen Compounds* 73, 917-920.
- Evans, S. and Lacey, A. 2022. Quibble with Kibbles: 'Forever chemicals' in pet food packaging add to perils at home, Environmental Working Group.
- Fernandes, A.R., Lake, I.R., Dowding, A., Rose, M., Jones, N.R., Petch, R., Smith, F. and Panton, S. 2019. The potential of recycled materials used in agriculture to contaminate food through uptake by livestock. *Sci Total Environ* 667, 359-370.
- Gazzotti, T., Sirri, F., Ghelli, E., Zironi, E., Zampiga, M. and Pagliuca, G. 2021. Perfluoroalkyl contaminants in eggs from backyard chickens reared in Italy. *Food Chem* 362, 130178.
- Gerber, P.F., Gould, N. and McGahan, E. 2020. Potential contaminants and hazards in alternative chicken bedding materials and proposed guidance levels: a review. *Poult Sci* 99(12), 6664-6684.
- Ghelli, E., Tondo, M.T., Zironi, E., Pagliuca, G., Sirri, F. and Gazzotti, T. 2019. Preliminary monitoring of the presence of perfluoroalkyl substances in Italian eggs from different breeding systems. *Ital J Food Saf* 8(2), 7702.

- Granby, K., Ersboll, B.K., Olesen, P.T., Christensen, T. and Sorensen, S. 2024. Per- and poly-fluoroalkyl substances in commercial organic eggs via fishmeal in feed. *Chemosphere* 346, 140553.
- Heimstad, E.S., Nygard, T., Moe, B. and Herzke, D. 2024. New insights from an eight-year study on per- and polyfluoroalkyl substances in an urban terrestrial ecosystem. *Environ Pollut* 347, 123735.
- Hlouskova, V., Hradkova, P., Poustka, J., Brambilla, G., De Philipps, S.P., D'Hollander, W., Bervoets, L., Herzke, D., Huber, S., de Voogt, P. and Pulkrabova, J. 2013. Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in various food items of animal origin collected in four European countries. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 30(11), 1918-1932.
- Kowalczyk, J., Gockener, B., Eichhorn, M., Kotthoff, M., Bucking, M., Schafft, H., Lahrssen-Wiederholt, M. and Numata, J. 2020. Transfer of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) from Feed into the Eggs of Laying Hens. Part 2: Toxicokinetic Results Including the Role of Precursors. *J Agric Food Chem* 68(45), 12539-12548.
- Lasters, R., Groffen, T., Eens, M. and Bervoets, L. 2024. Dynamic spatiotemporal changes of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in soil and eggs of private gardens at different distances from a fluorochemical plant. *Environ Pollut* 346, 123613.
- Lasters, R., Groffen, T., Eens, M., Coertjens, D., Gebbink, W.A., Hofman, J. and Bervoets, L. 2022. Home-produced eggs: An important human exposure pathway of perfluoroalkylated substances (PFAS). *Chemosphere* 308(Pt 1), 136283.
- Lasters, R., Van Sundert, K., Groffen, T., Buytaert, J., Eens, M. and Bervoets, L. 2023. Prediction of perfluoroalkyl acids (PFAAs) in homegrown eggs: Insights into abiotic and biotic factors affecting bioavailability and derivation of potential remediation measures. *Environ Int* 181, 108300.
- Mikolajczyk, S., Pajurek, M. and Warenik-Bany, M. 2022. Perfluoroalkyl substances in hen eggs from different types of husbandry. *Chemosphere* 303(Pt 1), 134950.
- Nobile, M., Arioli, F., Curci, D., Ancillotti, C., Scanavini, G., Chiesa, L.M. and Panseri, S. 2023. Incidence of Perfluoroalkyl Substances in Commercial Eggs and Their Impact on Consumer's Safety. *Foods* 12(20).
- Noorlander, C.W., van Leeuwen, S.P., Te Biesebeek, J.D., Mengelers, M.J. and Zeilmaker, M.J. 2011. Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the Netherlands. *J Agric Food Chem* 59(13), 7496-7505.
- Su, H., Shi, Y., Lu, Y., Wang, P., Zhang, M., Sweetman, A., Jones, K. and Johnson, A. 2017. Home produced eggs: An important pathway of human exposure to perfluorobutanoic acid (PFBA) and perfluorooctanoic acid (PFOA) around a fluorochemical industrial park in China. *Environ Int* 101, 1-6.
- Tahziz, A., Mohamad Haron, D.E. and Aziz, M.Y. 2020. Liquid Chromatographic Tandem Mass Spectrometric (LC-MS/MS) Determination of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in the Yolk of Poultry Eggs in Malaysia. *Molecules* 25(10).
- Van Bentum, E. and Pancras, T. 2023 PFAS in grond en water in moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden, Arcadis.
- Wang, Y., Fu, J., Wang, T., Liang, Y., Pan, Y., Cai, Y. and Jiang, G. 2010. Distribution of perfluorooctane sulfonate and other perfluorochemicals in the ambient environment around a manufacturing facility in China. *Environ Sci Technol* 44(21), 8062-8067.
- Wang, Y., Yeung, L.W.Y., Yamashita, N., Taniyasu, S., So, M.K., Murphy, M.B. and Lam, P.K.S. 2008. Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and related fluorochemicals in chicken egg in China. *Chinese Science Bulletin* 53(4), 501-507.
- Wilson, T.B., Stevenson, G., Crough, R., de Araujo, J., Fernando, N., Anwar, A., Scott, T., Quinteros, J.A., Scott, P.C. and Archer, M.J.G. 2021. Evaluation of Residues in Hen Eggs After Exposure of Laying Hens to Water Containing Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *Environ Toxicol Chem* 40(3), 735-743.
- Zafeiraki, E., Costopoulou, D., Vassiliadou, I., Leondiadis, L., Dassenakis, E., Hoogenboom, R.L. and van Leeuwen, S.P. 2016. Perfluoroalkylated substances (PFASs) in home and commercially produced chicken eggs from the Netherlands and Greece. *Chemosphere* 144, 2106-2112.

Colofon

RAPPORTAGE ONDERZOEK PFAS IN EIEREN EN MOGELIJKE BRONNEN
IN DE REGIO ZUID-HOLLAND-ZUID EN GEMEENTE ALTENA

KLANT

Opdrachtgever: Gemeenten Dordrecht, Molenlanden, Papendrecht en Sliedrecht

AUTEUR

Arcadis Nederland B.V.

PROJECTNUMMER

30189047

ONZE REFERENTIE

HH66EJMA2XWJ-948441586-1549:1.1

DATUM

12 september 2024

STATUS

Definitief

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro. www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op

